JAEA-Testing
2011-001

照射試験開発棟における試験装置の設備整備

Establishment of Experimental Equipments in Irradiation Technology Development Building

石田 卓也　谷本 政隆　柴田 晃　北岸 茂
斎藤 隆　近江 正男　中村 仁一　土谷 邦彦

Takuya ISHIDA, Masataka TANIMOTO, Akira SHIBATA, Shigeru KITAGISHI
Takashi SAITO, Masao OHMI, Jinichi NAKAMURA and Kunihiko TSUCHIYA

大洗研究開発センター
照射試験炉センター

Neutron Irradiation and Testing Reactor Center
Oarai Research and Development Center

June 2011

Japan Atomic Energy Agency　日本原子力研究開発機構

JAEA-Testing

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ（http://www.jaea.go.jp）
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構　研究技術情報部　研究技術情報課
〒319-1195　茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2011

照射試験開発棟における試験装置の設備整備

日本原子力研究開発機構　大洗研究開発センター
照射試験炉センター

石田　卓也、谷本　政隆、柴田　晃、北岸　茂
斎藤　隆、近江　正男、中村　仁一、土谷　邦彦

(2011 年 2 月 23 日　受理)

照射試験炉センターでは、材料試験炉(JMTR)の再稼動後において技術的価値の高い照射データを提供するため、新たな照射試験法の開発を行っている。照射試験に必要なキャプセルを開発するため、キャプセル組立て、照射試料の材料試験や材料検査・分析などが行える施設を整備した。

施設整備にあたっては、大洗研究開発センター内にある既設建屋の有効活用の観点から、現在、管理区域が解除され、実験装置、事務用品などの保管に使用されていた RI 利用開発棟を改修し、上記目的のための施設整備を行った。改修後、照射試験開発棟と命名し、利用目的に基づいて 8 つの実験室を整備し、実験装置の設置を開始した。現在、照射試験開発棟における基本的管理要領を設定し、運用を行っている。

本報告書は、RI 利用開発棟の改修工事及び実験室内の実験装置の整備と操作方法及び照射試験開発棟における基本的管理要領についてまとめたものである。

大洗研究開発センター：〒311-1393　茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002

Establishment of Experimental Equipments in Irradiation Technology Development Building

Takuya ISHIDA, Masataka TANIMOTO, Akira SHIBATA, Shigeru KITAGISHI
Takashi SAITO, Masao OHMI, Jinichi NAKAMURA and Kunihiko TSUCHIYA

Neutron Irradiation and Testing Reactor Center
Oarai Research and Development Center
Japan Atomic Energy Agency
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received February 23, 2011)

The Neutron Irradiation and Testing Reactor Center has developed new irradiation technologies to provide irradiation data with high technical value for the resume of the Japan Materials Testing Reactor (JMTR).

For the purpose to perform assembling of capsules, materials tests, materials inspection and analysis of irradiation specimens for the development of irradiation capsules, improvement and maintenance of facilities were performed.

From the viewpoint of effective use of existing buildings in the Oarai research and development center, the RI application development building was refurbished and maintained for above-mentioned purpose. The RI application development building is a released controlled area, and was used as storage of experimental equipments and stationeries.

The building was named “Irradiation Technology Development Building” after it refurbished and maintained. Eight laboratories were maintained based on the purpose of use, and the installation of the experimental apparatuses was started. A basic management procedure of the Irradiation Technology Development Building was established and has been operated.

This report describes the refurbish work of the RI application development building, the installation and operation method of the experimental apparatuses and the basic management procedure of the Irradiation Technology Development Building.

Keywords: Out-pile Test, SEM/EPMA, Chemical Test, Mechanical Test, JMTR

目　次

1. はじめに 1
2. RI 利用開発棟の改修工事 1
　2.1 RI 利用開発棟の利用経緯 1
　2.2 改修方法 2
3. 利用目的と整備計画 3
4. 実験装置の設計及び設置 5
　4.1 排気ブース 5
　4.2 化学実験フード 6
　4.3 FP ガス圧力計確証試験用電気炉 6
　4.4 熱定数測定装置 7
　4.5 高性能表面観察装置(SEM/EPMA) 7
　4.6 真空蒸着装置 8
　4.7 引張試験装置 9
5. 実験装置の操作方法 9
　5.1 排気ブース 9
　5.2 化学実験フード 9
　5.3 FP ガス圧力計確証試験用電気炉 9
　5.4 熱定数測定装置 10
　5.5 高性能表面観察装置(SEM/EPMA) 10
　5.6 真空蒸着装置 11
　5.7 引張試験装置 11
6. 照射試験開発棟の基本的管理 11
　6.1 実験室の利用 11
　6.2 作業環境 12
　6.3 安全管理システム 12
7. まとめ 12
謝　辞 14
参考文献 14

Contents

1. Introduction 1
2. Repair of RI Application Development Building 1
2.1 Progress of RI Application Development Building 1
2.2 Repair Procedure 2
3. Utilization Object and Maintenance Plan 3
4. Design and Establishment of Experimental Equipments 5
4.1 Exhaust Booth 5
4.2 Chemical Foods 6
4.3 Electric Furnaces for Fission Product Gas Pressure Gauge Examination 6
4.4 Thermal Constants Measuring Equipment 7
4.5 High Performance Surface Observation Equipment (SEM/EPMA) 7
4.6 Vacuum Evaporation Equipment 8
4.7 Tensile Testing Machine 9
5. Operation Method of Experimental Equipments 9
5.1 Exhaust Booth 9
5.2 Chemical Food 9
5.3 Electric Furnace for Fission Product Gas Pressure Gauge Examination 9
5.4 Thermal Constants Measuring Equipment 10
5.5 High Performance Surface Observation Equipment (SEM/EPMA) 10
5.6 Vacuum Evaporation Equipment 11
5.7 Tensile Testing Machine 11
6. Basic Management of Irradiation Technology Development Building 11
6.1 Utilization 11
6.2 Working Environment of Experimental Rooms 12
6.3 Safety Management System 12
7. Summary 12
Acknowledgements 14
References 14

１．はじめに

JMTR の再稼動後の利用性向上の取り組みとして、(1)原子炉稼動率(50%～70%)の向上、(2)早く照射試験結果が得られるようにターンアラウンドタイムの短縮、(3)照射試験費の低減、(4)照射手続の簡素化、技術支援体制の充実などを行い、利用者にとって魅力的な試験炉を目指している(1-2)。この利用性の向上として、JMTR を用いた魅力的な照射試験を提案することが求められている。このため、新たな照射試験法の開発の一環として、照射キャプセル組立て、照射試料の材料試験や材料検査・分析などが行える施設を整備することになった。

照射試験炉センターで検討した照射試験開発棟の設置にあたっては、(1)現存する RI 利用開発棟の改修工事により建屋を有効利用すること、(2)照射試験炉センター建屋の北側駐車にプレハブ工法を用いて建物を新築することの２つの整備方法について検討を行った。検討の結果、RI 利用開発棟の改修工事では、建屋内部の床・壁・天井・電気・空調機械設備・上下水道などを更新工事だけで使用可能であるが、建物の新築に関しては、電気・上下水道などのインフラ整備、建物の固定資産税が必要となることが分かった。最終的には、大洗研究開発センター内で検討した結果、RI 利用開発棟の改修工事を選定し、照射試験開発棟の整備を進めることとした(3)。

本報告書は、RI 利用開発棟の改修工事及び実験室内の実験装置の整備と操作方法及び照射試験開発棟における基本的な管理要領についてまとめたものである。

２．RI 利用開発棟の改修工事

２．１　RI 利用開発棟の利用経緯

RI 利用開発棟は昭和 41 年 12 月に竣工され、北詰所から南へ約 360 メートル、国道 51 号から西へ約 130 メートルに位置している。許可申請上の名称「RI 利用開発棟」は、RI 利用開発棟及び FP 利用実験棟の２棟から構成されていた。

本施設の使用目的は、「放射性同位元素の利用技術の開発研究」であり、放射線障害防止法（許可使用施設）及び原子炉等規制法（少量核燃料取扱施設）の許可を得て使用してきた。具体的には ^{252}Cf 中性子源を導入し、短半減期核種の放射化分析及び中性子ラジオグラフィの研究、^{192}Ir 線源及び ^{170}Tm 線源によるγ線ラジオグラフィの研究などを行っていた(4)。これらの「放射性同位元素の利用技術の開発研究」は、平成 13 年度以降に日本原子力研究所東海研究所（現：原子力科学研究所）のみで実施することになり、本施設の放射性同位元素及び核燃料物質の使用に係る許可を計画的に廃止するともに、FP 利用実験棟を除く RI 利用開発棟を放射線障害防止法及び原子炉等規制法の管理区域から除外することになった。このため、平成 14 年 3 月までに RI 利用開発棟の使用設備、貯蔵設備及び廃棄設備などの解体・撤去工事が完了し、その後、建屋の内部間仕切り壁及び天井が撤去された状態で、非管理区域として、実験装置、事務用品などの保管に使用されていた。

２．２　改修方法

RI 利用開発棟の改修工事契約工期は、平成 20 年 3 月中旬から８月末日とし、改修工事は実験室改修工事、電気設備工事及び機械設備工事の３つに分けて行った。

実験室改修工事は、仮設工事、解体工事、躯体工事、防水工事、左官工事、木製建具及び金属製建具工事、室内の塗装及び内装工事などである。特に、RI 利用開発棟西側にある鉄骨造ボンベ室については解体撤去工事を行った。また、内部間仕切りの撤去後、石膏ボードによる間仕切りで８実験室とした。室内の塗装及び内装工事では、既存壁にアクリル樹脂塗料を塗装、床に長尺塩ビシート、天井に化粧石膏ボードを用いた。ただし、８実験室の内、１つの実験室はパーソナルコンピュータ(PC)設置の自由度を確保するためにフリーアクセスフロアとし、ビニルタイル貼りとした。

電気設備工事は、照明設備工事、ケーブル敷設工事、分電盤設置工事、コンセント設備工事及び誘導灯設備工事の他既設配電盤改修工事、通信・情報設備工事及び自動火災報知設備設置工事である。既設配電盤改修工事では、RI 利用開発棟機械室内にある低圧配電盤の配線用遮断器（フラッシュプレート）のうち、７台を更新した。電源用ケーブル敷設工事（幹線）では、既設低圧配電盤の配線用遮断器二次側から取り出し、地下ピット内の新設したケーブルラックを経由し、新設各分電盤間に配線を敷設した。

通信・情報設備工事では、地下ピット内の壁に電話用端子函を設置し、既設端子盤間にケーブルを敷設した。また、各実験室の壁には、モジュラージャックを取付け、配管・配線を行った。さらに放送用スピーカーは既設放送設備から分岐し接続した。器具は天井埋め込み方式とした。自動火災報知設備設置工事では、既設品を移設して再使用し、さらに煙感知器４個を増設した。また、廊下に表示機を１台設置し、既設受信機との間の配管・配線を行った。

機械設備工事は、空調設備工事、換気設備工事及び給排水衛生設備工事である。空調設備工事では、南側の全実験室に天井カセット形空冷式ヒートポンプパッケージエアコンを 6 組設置した。換気設備工事では、全実験室に換気設備として天井埋込み形(1 台)、天井カセット形(3 台)、壁掛け形(3 台)の全熱交換器及び換気扇(2 台)を設置した。給排水衛生設備工事では、既設揚水管から分岐して量水器を設置、各実験室には必要となる給排水管、トイレの給排水管を敷設した。

実験室改修工事、電気設備工事及び機械設備工事の改修工事は終了した。一方、天井の一部から雨漏りする箇所があり、追加工事として、平成 21 年 3 月に RI 利用開発棟の屋根全体の防水工事及び外壁防水工事を行った。追加工事前に実際の雨漏り量を測定した結果、雨漏り量は日によってまたは昼夜で異なるが、1 週間の平均雨漏り量は約 0.3g/h であることが分かった。

一方、RI 利用開発棟の屋根構造は、上からシンダーコンクリート(60㎜)、アスファルト防水層(1～2㎜)、モルタル(20㎜)及びコンクリート(120㎜)となっている。以上の検討の結果、実験室改修工事で行った天井の防水工事では、屋上既存部に新しい防水層を施工したのみであったため、既存のアスファルト防水層内部に雨水が残り、これらの雨水がコンクリート部のひび割れ部から流出しており、残存する雨水が全てなくなり、雨漏りが止まる時期を推定するのは困難である。このことから、強制的にコンクリート部のひび割れ部に止水材（ポリウレタンプレポリマー）を注入して雨漏りを止める施工方法を提案した。

天井コンクリートにひび割れが入った近傍に電動ドリルで３箇所に穴を開け、そこに止水材を注入した。直ちに天井から雨水の滴下は止まったが、天井コンクリート表面が乾燥するまで放置した。完全に雨漏りが改善されたと判断後、天井に化粧石膏ボードを取り付け、追加工事を完了した。

３．利用目的と整備計画

利用目的をRI利用開発棟の改修工事前に検討し、JMTRの再稼動後の照射試験開発に必要な８実験室を利用目的に基づいて実験室名を決定した。改修工事終了後、RI利用開発棟の一部を照射試験開発棟に名称変更した。

実験室の整備にあたっては、照射試験開発で必要な照射キャプセル開発を行うためのキャプセル組立室、照射試料の材料試験や材料検査・分析などが行える実験装置を設置するための実験室にそれぞれ区分けし、試験装置を整備することとした。なお、流し台の整備にあたっては、水質汚濁防止法に基づいて、茨城県県北地方総合事務所長への特定施設設置の届出が必要となり、関係書類を作成し手続きを行った。

これまで述べた８実験室について、整備計画に従って整備した実験装置・設備の配置図をFig.3.1、各実験室の実験装置・設備の整備状況をTable 3.1に示す。

(1)化学実験室

化学実験室は、各種薬品を用いる化学実験、試薬調整、高性能表面観察装置または顕微鏡観察装置用試料の作製などができる実験室とした。このため、有機溶剤、特定化学物質または酸を使用することを想定して、局所排気装置（以下「化学実験フード」という）を整備した。化学実験フードは、ステンレス製フードを１台、PVC 製フードを１台、化学実験室に設置し、スクラバーと排気ファンは建屋２階の機械室に設置した。また、化学実験に必要な薬品庫、化学実験台、流し台、純水製造装置、恒温乾燥器を整備した。また、高性能表面観察装置または顕微鏡観察装置用試料の作製に必要な精密切断機、研磨装置及び真空デシケータを整備した。さらに、^{99}Mo 製造技術開発のためのコールド試験装置を収納できる排気ブースを設置した。そして、実験データを居室で常時監視するため排気ブース内にLANケーブルを敷設した。

(2)測定室

測定室は、材料の機械的特性、表面観察及び各実験室で得られた測定データが解析できる実験室とした。このため、材料の機械的特性を評価するシャルピー式衝撃試験機、材料の表面観察を行う顕微鏡観察装置を整備した。床はPC設置の自由度を確保するためフリーアクセスフロアとし、データ解析用パーソナルコンピュータを整備した。

また、顕微鏡観察装置用試料の作製に使用する研磨装置の研磨用消耗品、樹脂製作用資材などを保管するためのキャビネットを設置した。

(3)検査室

検査室は、材料の熱物性値が評価でき、材料試験片及び化学薬品などの重量が測定できる実験室とした。このため、材料の熱定数（熱拡散率、比熱、熱伝導率）を測定できるレーザフラッシュ法を用いた熱定数測定装置を整備した。本装置を使用する場合は、労働安全衛生法に基づき検査室をレーザ管理区域に設定した。

化学実験で使用する薬品や材料試験片などの重量を測定するウルトラミクロ天秤、電子天秤及び防振や共鳴除振機能を有する天秤台を設置した。

(4)分析室

分析室は、材料の微細構造観察及び金属材料組成の同定や集合組織評価ができる実験室とした。このため、材料の微細構造観察できる高性能表面観察装置を整備した。高性能表面観察装置は超真空状態を維持するために連続運転を行い、室内の換気空調は常時行うものとした。また、高性能表面観察装置の空気弁の開閉、鏡筒を大気圧状態にする時に用いる高圧窒素ガスボンベ、Ｘ線検出器（ガスフロー比例計数管）用の PR ガスボンベが必要となりボンベスタンドも準備した。これにより、次世代炉や核融合炉などで開発されている新たな材料特性を把握するために、微細な領域での観察及び元素分析が可能となった。

一方、本実験室には、金属材料組成の同定、集合組織評価などができるＸ線回折装置を整備する計画である。Ｘ線回折装置を設置する場合、労働安全衛生法に基づき管理区域を設定する必要があり、装置本体だけを管理区域にする方向で検討していく。

(5)キャプセル開発室

キャプセル開発室は、キャプセル組立て及び模擬試験、材料の機械加工などを行うための実験室である。模擬試験では材料の機械的特性を評価する引張試験装置、機械加工に必要なボール盤、溶接機、作業台、流し台、ボンベスタンド、棚などを整備した。

化学実験室の研磨装置で研磨した高性能表面観察装置用試料に対しては、帯電を防止するため試料表面に炭素または金蒸着できる真空蒸着装置を整備した。

(6)材料試験室１

材料試験室１は、材料の両立性試験、耐久性試験及び健全性確認などを行うための実験室である。このため、熱電対・材料などの耐久性試験及び健全性を行う FP ガス圧力計確証試験用電気炉、ヘリウムリーク試験器などを整備した。また、FP ガス圧力計確証試験用電気炉、ヘリウムリーク試験器に高圧ヘリウムガスボンベが必要となりボンベスタンドを準備した。

JMTR を用いた高温高圧水中での燃材料の中性子照射試験が計画されている。これらの照射試験では、炉内構造材料の照射下応力腐食割れ試験や照射キャプセル内の環境を測定できる各種センサーの試験が行われる予定である。このような中性子照射試験の前に構造材料や各種センサー機器の性能確認、耐久試験が炉外で行える高温高圧水ループ装置を整備する計画である。

(7)材料試験室２

材料試験室２は、材料試験及び化学実験の準備をするための実験室とした。このため、化学実験室における実験が重なった場合を想定し、材料試験室２でも化学実験ができるように化学実験台を整備した。ただし、JMTR の居室実験室附属建屋の解体にともない、コールド実験室に設置されている化学実験台を移設して再利用する。また、購入した熱電対、ヒータ、自己出力型中性子検出器(SPND)、自己出力型γ線検出器(SPGD)などを保管できる恒温槽を整備した。

(8)倉庫

倉庫は、実験装置、資材、予備品などの保管管理を行うために、鋼製棚及びロッカーを設置した。

４．実験装置の設計及び設置

RI 利用開発棟の改修工事後、必要な実験装置・設備を整備した。その主な実験装置・設備について設計及び仕様を以下に示す。

4.1 排気ブース

JMTR 再稼働後、核医学の分野で最も多く用いられている ^{99m}Tc の親核種である ^{99}Mo を（n，γ）法により製造することが提案されている。このために、Mo 吸着剤の Mo 吸着特性を明らかにすることが求められている。一方、モリブデン酸塩水溶液と構造材料との両立性を明らかにすることや中性子反射体であるベリリウムと純水との表面反応を解明することが ^{99}Mo 製造技術開発や試験研究炉開発のために求められている。そこでこれらの特性試験を実施するために、恒温槽を用いた腐食性確認試験装置を設計・製作し、安全に試験を実施することが可能な排気ブースを設置した。

腐食性確認試験装置は、静置型試験装置及び流動型試験装置の２種類がある。静置型試験装置は、試験片浸漬用ガラス製浸漬槽、試験片固定用試験片ホルダー及び水溶液温度測定用熱電対などから構成される。一方、流動型試験装置は、試験片浸漬用ガラス製浸漬槽、水溶液温度保持用ガラス製貯留槽、水溶液流動用循環ポンプ、流量測定用フロートメーター、水溶液用チューブ及び水溶液温度測定用熱電対などから構成される。また、室温及び最大 100℃で試験を行うため、定温乾燥器を用意した。

排気ブースは、腐食性確認試験装置を搬入・設置でき、装置異常時の保護及び安全に作業できることを考慮した設計とした。前面には装置搬入、試験作業などが容易な構造とするために大型扉を設け、外側から試験装置が目視確認できるようにした。側面や上面も、明るさを得るために、アクリル材を用いた構造とした。また、ブース上部に排気ダクト及び排気ファンを設置した。排気ファンの能力は、ブース室内を１時間に５回程度換気できるものとし、試験などで発生したガスを実験室の外側に排気できるようにした [(5)]。製作した排気ブースの詳細及び排気ブース内に設置された試験装置の写真を Fig.4.1 及び 4.2 に示す。

4.2 化学実験フード

JMTR の再稼働に向けて照射技術開発のための化学実験を行っているが、有機溶剤、特定化学物質などを安全に取扱える化学実験フード（産業科学社製 SK-424S 及び SK-424P）の整備を行った。化学実験フードは、オークリッジ型フード、スクラバー、排気ファン、配管などから構成されている。この化学実験フードは、有機溶剤、特定化学物質などを取扱った各種実験を行う際に発生する気体、蒸気などが実験室内に流出することなく、オークリッジ型フードに接続した配管、スクラバー、排気ファンを経由して、効率よく外側に排気できるものとした。

労働安全衛生法では、局所排気装置を設置しようとするときは、その計画を当該工事の開始日の 30 日前までに、厚生労働省令で定めるところにより、労働基準監督署長に届け出なければならない。そのため、安全対策課と設置工事を開始する前から協議し、局所排気装置の設置に必要な書類を作成し水戸労働基準監督署長に届け出た。以下に照射試験開発棟に設置したオークリッジ型フード、スクラバー及び排気ファンの概略を示す。

(1)オークリッジ型フード

化学実験室の南西側には排気ブースが設置されているため、オークリッジ型フード２台を据付け場所は、化学実験室の西側で幅 3,640×奥行き 900×高さ 3,000mm とした。フード内装は、有機溶剤、特定化学物質を取扱う SUS304 製及び強酸性ガスや腐食性ガスに対して優れた耐蝕性の優れた硬質塩化ビニル製の２種類を設置した。

(2)スクラバー

照射試験開発棟２階機械室にオークリッジ型フード内で発生した気体、蒸気などを含む排ガスを水洗シャワーで水中に捕集し、空気を洗浄できるスクラバーを１台設置した。

(3)排気ファン

排気ファンの能力は、化学実験フードの前面扉を 500mm 開けた状態で、開口部の制御風速が 0.5m/s 以上を確保できることとした。設置した化学実験フードの系統を Fig.4.3、化学実験フード、スクラバー及び排気ファンの写真を Fig.4.4 及び 4.5 に示す。

4.3 FP ガス圧力計確証試験用電気炉

経済産業省　原子力安全・保安院（以下「保安院」という）の特会受託事業「軽水炉燃材料詳細健全性調査」において、JMTR を用いた燃料及び材料の中性子照射試験が計画されている。このうち燃料異常過渡試験では、ループ照射試験装置のシュラウド照射装置(OSF-1)において、新たに開発する FP ガス圧力計を計装した燃料異常過渡試験キャプセルを用いた照射試験が計画されている。この FP ガス圧力計の性能確認、校正及び耐久試験を行うために電気炉を材料試験室１に整備した。

電気炉（ユーロシステム社製 ES-1400-3Z）は、加熱系、真空系、冷却系及び制御系などから構成されている。加熱系は、炉芯管の周囲にヒータ及び断熱材を配置し、その炉芯管両端を真空フランジで閉止する構造となっている。真空系は、配管、真空バルブ、ロータリポンプ及び空冷式ターボ分子ポンプから構成され、真空度はピラニ真空計及び冷陰極電

離真空計を用いて計測する。冷却系は、１台の電気炉に専用の冷却水循環装置によって炉芯管両端部を冷却し、真空フランジ用Ｏリングを保護する構造となっている。制御系は、温度調節計、安全保護系及びデータ収集装置などから構成されている。温度調節計の制御用熱電対は、電気炉の中心部で炉芯管の外側に配置されている。安全保護系は、電源、冷却水及び圧縮空気喪失時に電気炉本体を安全に停止させ、真空系の健全性を担保できるようになっている。なお、圧縮空気はコンプレッサで供給し、配管を通して真空バルブの開閉に使用する。

真空またはガススイープ状態で温度調節計によって炉芯管温度を制御、加熱中に試験体から発生したガスは、実験室の外側に排気できるものとする。材料試験室１に設置された電気炉の写真をFig.4.6に示す。電気炉の主な仕様は以下の通りである。

・電気炉概略寸法　　：縦1,500×横550×高さ1,200mm
・炉芯管寸法　　　　：約φ50×長さ1,200mm
・炉芯管材質　　　　：アルミナ
・常用温度　　　　　：1,200±3℃(最高温度1,400 ℃)
・均熱部寸法　　　　：約300mm
・到達真空度　　　　：＜1×10^{-3}Pa
・電　　源　　　　　：ヒータ用(200V)、その他(100V)

4.4 熱定数測定装置

熱定数測定装置（アルバック理工社製 TC-7000SP）は、セラミックス、カーボン、金属など均質な固体材料の熱拡散率及び比熱容量をレーザフラッシュ法により測定する装置である。また、本装置を用いて測定した熱拡散率及び比熱容量の結果から、材料の密度を乗ずることにより熱伝導率を求めることが可能である。測定温度は室温から1,500℃であり、ディスク状試料の片面にレーザを瞬間照射し、それによる試料裏面の温度上昇から熱拡散率や比熱容量を求める。本装置では制御用パソコンにより、測定試料、測定温度などの測定条件の選択と調整により自動運転ができるとともに、測定後の解析・作表なども処理することができる(6)。検査室に設置された熱定数測定装置の写真を Fig.4.7 に示す。TC-7000SPの構成及び主な仕様は以下の通りである。

・ガラスロッド　　　　：φ10×100mm　ビーム径　φ10mm
・ガラスロッド冷却水　：流量　約1ℓ/min
・入射エネルギー　　　：最大　2.5kV　800μF
・出力エネルギー　　　：＞12J/Pluse
・発振波長　　　　　　：1.07μm

このTC-7000SPは、高温加熱炉及び試料系、レーザ発振系、非接触測定系、計測回路系、温度制御系、データ処置装置、真空排気系、エアコンプレッサー及び冷却水循環器から構成されている。本装置のレーザには、Ndガラスレーザが使用されている。

4.5 高性能表面観察装置（SEM/EPMA）

高性能表面観察装置（日本電子社製 JXA-8530F）は、非常に細く集束された電子ビーム（電子プローブ）を試料の表面に照射、そこから特性Ｘ線の波長や強度、二次電子や反射

電子が発生する。その量などを測定することによって、試料の構成元素や化合物の濃度、分布状態、形状などをミクロからマクロの領域まで、非破壊で多面的かつ広範囲に調べることができる装置である。本装置で可能な主な分析は以下の通りである。

・各種像の観察
　SEI（二次電子像）、BEI（反射電子像：組成像・凹凸像）、X線像
・定性分析
・線分析
・面分析
・定量分析

本装置は、鏡筒部、架台部、操作部、コンピュータ部、冷却部などから構成されている。鏡筒部には、電子銃部、イオンポンプ、試料交換室、光学顕微鏡、２基の波長分散形Ｘ線分光器(WDS)などが取付けられている。架台部には、装置の始動/停止、加速電圧の ON/OFF、排気系の制御などを行うメインパネルがある。架台部ベースプレートには、除振用のエアマウントが取付けられ、振動が鏡筒部に伝播するのを防いでいる。操作部は、操作パネル、トラックボール、試料ステージ制御パネル、キーボード、マウス、ディスプレイ(観察用、分析用)がある。コンピュータ部には、パーソナルコンピュータが用いられ、試料交換及び一部の操作パネル上での操作を除いて、大部分の操作をディスプレイに表示される画面を通じて行える (7)。

本装置背面には、冷却部、空圧弁の開閉や鏡筒を大気開放状態にするときに必要な高圧窒素ガスボンベ、さらに波長分散形Ｘ線分光器に取付けられているガスフロー比例計数管(GPC)用 PR ガスボンベが設置されている。

なお、パワーサポータは、停電時に内臓バッテリーにより本装置のイオンポンプをバックアップし、電子銃の真空状態を維持する装置である。分析室に設置された高性能表面観察装置の写真を Fig.4.8 に示す。

4.6 真空蒸着装置

真空蒸着装置（日本電子社製 JEE-420）は、蒸着部、自動真空排気系及び制御ユニットが一体となり、電子顕微鏡などの試料作製が容易に行われるように設計されている。テーブル上には蒸着部、真空計及び電流計を設置し、テーブル下には油拡散ポンプ(DP)、油回転ポンプ(RP)などの真空排気ユニット、真空計、蒸着電源、操作ユニットが収納されている (8)。キャプセル開発室に設置された真空蒸着装置の写真を Fig.4.9 に示す。真空蒸着装置の主な仕様は以下の通りである。

・概略寸法	：縦 750×横 460×高さ 1,220mm
・ベルジャ	：高さ 250×外径 250mm・ガラス製
・到達圧力	：$<3\times10^{-4}$Pa
・真空系操作	：自動
・圧力測定	：ペニング真空計
・油拡散ポンプ(DP)	：420ℓ/s・冷水バッフル付
・油回転ポンプ(RP)	：100ℓ/min

4.7 引張試験装置

引張試験装置（SHIMADZU 社製 AG-5000B）は、引張試験機本体と制御盤、恒温槽と制御ユニット及びデータ収集装置からなり、高温大気中における引張試験ができるように設計されている。引張試験機はネジ式の機械駆動の試験機、コントローラと小型の操作卓及び試験荷重、伸び、外部変位計から構成されている。温調槽はヒータと送気ファンを用いた温調槽本体及び温度制御ユニットからなり、温調槽本体は引張試験機の後部に設置されており、レール上をスライドすることによって温調槽内に荷重軸が入るように配置されている。キャプセル開発室に設置された引張試験装置の写真を Fig. 4.10 に示す。引張試験装置の主な仕様は以下の通りである。

・引張試験機寸法　　　：奥行き 690×幅 1,100×高さ 2,480mm
・荷重容量　　　　　　：50kN
・試験速度　　　　　　：0.5～500mm/min
・恒温槽寸法　　　　　：奥行き 990×幅 530×高さ 775mm
・試験温度　　　　　　：50～300℃

5．実験装置の操作方法

第４章で述べた実験装置・設備を正常かつ安全に使用するために、最低限必要となる起動及び停止の操作方法を以下に示す。なお、測定を目的とする実験装置の操作は、各装置に備付けの実験装置マニュアルなどを用いるものとする。

5.1 排気ブース

排気ブースは、ブース内に腐食性確認試験装置が設置されており、装置異常時の保護及び安全な環境で作業できることを考慮している。排気ブースの運転操作は、正面右側の「送風機スイッチ」を ON にすると、排気ブース上部に設置した排気ファンが作動し、排気ブース室内に発生したガスを実験室の外側に排気できるようになっている。実験が終了した際は、この「送風機スイッチ」を OFF にする。

5.2 化学実験フード

化学実験フードは、実験者が有機溶剤、特定化学物質などを取扱った各種実験を行う際に発生する気体、蒸気などを吸入しないように運転する。このため、実験を実施する際は、開口部の風量が確保されていることを確認することが重要である。一方、実験を実施していない場合、本化学実験フードは停止した状態とする。

通常の運転操作方法を Table 5.1、スクラバー洗浄水の補給・交換についての保守マニュアルを Table 5.2 に示す。

5.3 FP ガス圧力計確証試験用電気炉

電気炉は、炉芯管の周囲にヒータを配置し、真空またはガススイープ状態で温度調節計によって炉芯管温度が制御できる装置である。実験者の要望により、手動モードまたは自

動モードが選択できる。手動モードでは真空制御系のバルブ、ロータリポンプ(RT)及びターボ分子ポンプ(TMP)の機器を個別に操作でき、真空または大気圧でガススイープしながら温度制御が可能である。

一方、自動モードでは真空制御系の真空度が所定の値に到達後、温度プログラム実行キーを押すと予め作成した温度プログラムが実行、ステップ毎に昇温・保持または降温・保持ができる。真空で温度制御を行う操作方法を Table 5.3、加熱方法を Table 5.4 に示す。加熱方法の中で示した Fig.5.1 の実験パターン（例）を入力し、温度プログラムを実行して得られた電気炉の温度及び真空度データを Fig.5.2 に示す。

5.4 熱定数測定装置

熱定数測定装置の設置にあたっては、レーザ業務従事者等の障害を防止し、作業の円滑な遂行を図ることを目的として、労働安全衛生法に基づき、照射試験炉センターで「レーザ機器取扱作業管理要領」を定めた。このため、レーザ機器取扱作業に関連する作業管理、健康管理等を行うことが必要であり、本装置を取扱う前に「レーザ機器使用計画書」を作成し、統括管理者の承認を得ることが必要である。また、作業終了後には、レーザ管理区域の解除を行い、統括管理者の承認を得る。レーザ業務従事者はレーザ光線の種類に応じた有効な保護眼鏡の着用、できるだけ皮膚の露出が少なく、燃えにくい素材を用いた作業衣を着用するなど保護具などの使用が必要である。

熱定数測定装置の基本的な起動及び立ち下げの操作方法を Table 5.5 に示す。

5.5 高性能表面観察装置（SEM/EPMA）

高性能表面観察装置の真空排気系は、電子銃室、第１中間室をイオンポンプで排気する超高真空排気系と、第２中間室、試料室をターボ分子ポンプ(TMP)及びロータリポンプ(RT)で排気する高真空排気系に分けられる。これらの真空排気系は昼夜連続運転を行い、特に、超真空排気系は年間を通じて昼夜連続運転を行う必要がある。また、電子銃室も通常エミッションを停止させずに昼夜連続運転を行う。

したがって、本装置の停止/起動は、(1)通常使用時 、(2)完全停止 、(3)非常時の緊急停止によって操作方法が異なるので、各々の操作方法について述べる。

(1)通常使用時の装置の停止と起動

通常使用時は電子銃室高圧、超高真空排気系、高真空排気系は連続運転したままで、装置の操作・観察系のみを停止/起動する。その操作方法を Table 5.6 に示す。

(2)装置の完全停止と起動

本操作では、超高真空排気系を含む真空排気系、及び FE 電子銃の高圧も停止させる。その操作方法を Table 5.7 に示す。ただし、停電などを除いては装置全体の停止はしない。

(3)非常時の緊急停止

装置に異常が発生し、装置を緊急停止する必要がある場合の操作方法を Table 5.8 に示す。

5.6 真空蒸着装置

真空蒸着装置は、電子顕微鏡などの試料作製が容易に行われるよう真空排気は自動化されている。設置当初は冷却水として水道水を使用していたが、水道水流量の変動により冷却水不足となり装置が停止することが時々あった。さらに、水道水の水質によってはパイプなどに汚れや沈殿物を発生させ、装置に故障を起こすことがあるので、純水・一般市水用の冷却水循環装置に変更した。また、実験者の要望により試料表面に炭素または金蒸着のいずれかを選択できるようになっている。その操作方法を Table 5.9 に示す。

5.7 引張試験装置

引張試験装置は、試験機支柱に取り付けられた操作卓により、試験荷重、試験速度、試験片伸びなどのレンジが選択できるように自動化されている。また、試験治具のプルロッドはロードセルの温度上昇を防止するため冷却水を流せるようになっている。温調槽は槽内の熱電対により温度を測定することによりヒータで熱せられた空気を電動ファンで送気することで設定温度に制御できる。試験データは、付属するデータ解析装置を用いて収集解析ができる。その操作方法を Table 5.10 に示す。

６．照射試験開発棟の基本的管理

照射試験開発棟が整備されてから２年経過し、整備された試験装置の一部利用が開始されている。照射試験開発棟の利用に際しては、実験時の安全を確保するため実験者は下記基本的遵守事項を守らなければならない。実験者は実験前には試験要領書を提出するとともに、月間工程に記載し、照射試験開発課職員にも周知徹底させる。以下に、照射試験開発棟の利用に関する基本的管理を示す。

6.1 実験室の利用

照射試験開発棟を利用にあたっては、基本的に以下の規則を遵守して、実験を行うものとする。

実験者は、労働基準法、労働安全衛生法及び原子力開発機構が定める諸規定を遵守し、利用する際は、試験要領書及びリスクアセスメントシートを作成し、施設管理者の承認を得るものとする。また、有機溶剤や特定化学物質などの薬品・材料の取扱い、熱定数測定装置を用いた熱定数測定、高温高圧の試験など安全上の問題が想定される場合は、施設管理者と相談する。

照射試験開発棟への立ち入りは、精密装置が設置されているので、土埃などの侵入を防ぐため土足禁止とする。玄関で靴を脱いで靴又はスリッパに履き替えるが、重量物を取扱う場合は備え付けの安全靴を使用する。

18 時以降の照射試験開発棟の利用は極力避ける。また、18 時から翌日 8 時までの夜間及び休日の実験は、原則として行わない。なお、連続に行っている試験のデータ確認、点検などで 18 時以降または休日にやむを得ず実験室に入室する場合は、この限りではない。

当課職員は照射試験開発棟の日常点検を１日１回、照射炉試験センターとして月例点検を月１回行い、実験室の安全状況をチェックする。この際、問題が指摘された場合は、早急に改善していく。

緊急時の対応及び異常時の措置、火災・爆発の防止対策について記す。

(1) 実験中に火災、事故等の異常が発生した場合は、実験者は人命を最優先するとともに公衆の安全を確保するための措置を行うこと。

(2) 異常を発見した者は直ちに電話若しくは口頭で、照射試験開発課長に連絡し、その指示にしたがうこと。

(3) 実験者は、火災・爆発の防止のため、有機溶剤、引火性物質等を使用する時は、電気機器からの漏電スパーク、静電気火花等により火災、爆発が発生することを防止するための措置を講じること。

6.2 作業環境

照射試験開発棟では、有機溶剤や特定化学物質などを取扱っているが、これらの薬品類は施錠できる薬品庫及び保管庫で保管している。また、「化学物質管理台帳」及び「特定化学物質管理台帳」を整備し、薬品類の化学物質など製品安全データシート「MSDS」及び「管理対象化学物質等の受入及び使用記録」によって管理している。実験者は実験開始前に薬品類の「MSDS」の内容を確認し、使用後は管理台帳に薬品類の使用量を記入する。

化学実験室及びキャプセル開発室については、労働安全衛生法に基づき年２回の作業環境測定を行っている。照射試験開発棟で登録されていない薬品類を用いた実験を行う際は、事前に施設管理者に相談し、取り扱えるよう登録をしなければならない。

6.3 安全管理システム

照射試験炉センター居室及び照射試験開発棟の実験室は別の建屋であり、その距離は約80 メートルである。照射試験開発棟で FP ガス圧力計確証試験用電気炉を用いた高温耐久試験、腐食性確認試験装置の連続運転などを行っており、１日数回の日常点検が必要となるが常時監視することは困難である。このため、照射試験開発棟の各実験室の整備にあたり、常時監視するシステムが必要となり、照射試験炉センター居室で容易にデータ確認及び異常時通報ができる照射試験開発棟実験室安全管理システム(LSMS：Laboratory Safety Management System) を整備した。そのシステムの系統図を Fig.6.1 に示す。

連続運転が必要となる実験を行う場合は、安全管理システムに接続することとする。

７．まとめ

JMTR の再稼動後の照射試験に必要なキャプセルの開発を行うため、キャプセル組立て、照射試料の材料試験や材料検査・分析などが行える実験装置の整備計画を立て、その計画に従って実験装置・設備などを整備した。照射試験開発棟が整備されてから２年経過したが、これらの整備された装置を用いて実施した試験の一例を以下に記す。

(1) 排気ブース内に設置した腐食性確認試験装置を用いて、モリブデン酸塩水溶液と構造材料との両立性を明らかにするための静置試験及び流動試験を行った。各々試験終了後に試験片（アルミニウム合金及びステンレス鋼）を電子天秤で重量測定、顕微鏡観察装置で表面観察を行った。その後、その試験片を精密切断機で切断、樹脂に埋め込み、研磨装置で最終仕上げ、真空蒸着装置で研磨試料表面に炭素を真空蒸着して高性能表面観察用試料とした。研磨作業では、２種類の試験片について、事前に検討した研磨方法に基づき、面出し・中間仕上げ・最終仕上げを行った。その高性能表面観察装置で試験片の表面・断面の観察、定性分析、線分析及び面分析を行った結果、表面に付着した元素の分布状況を明らかにした。

(2) 原子力科学研究所の JRR-3M で中性子照射したモリブデンを高分子系吸着剤に吸着させ、モリブデン吸着特性及びテクネチウム溶出特性の試験を行った。このホット試験を行う前に、照射試験開発棟の化学実験室に設置した化学実験フードを用いてコールドランを行った。吸着工程では恒温槽が必要であったが準備できなく、フード内でホットプレートを代用することになった。フード外の作業台でホットプレートが目標温度に到達できるように設定したが、フード内では目標温度より数十度低かった。したがって、フード内にホットプレートを設置した状態で設定温度を変更し、目標温度に到達できることを確認した。さらに、JRR-3M 実験利用棟の実験室１にある化学フードを想定して、実験器具の配置や作業上の問題点を抽出し実験器具の改良を行い解決した。各工程の所要時間を確認しながら、ホット試験に要する時間を算出した。その結果、JRR-3M 実験室１おけるホット試験では汚染の発生防止及び予定時間内に作業が終了でき、化学実験フードを用いたコールドランの有効性が確認できた。その他、国際協力で実施している ^{99}Mo 製造のための予備試験は、本フードを用いて事前に実施した [9]。

(3) 開発中のセンサーについては、高性能表面観察装置で金属とセラミックスとの接合状態の観察及び定性分析、線分析及び面分析を行い、接合部における構成元素の分布を明らかにした [10]。また、FP ガス圧力計確証試験用電気炉を用いて熱サイクル試験を行い、センサーの健全性が確認できた。その結果、これまで整備した装置で照射試験に必要なキャプセル開発の一部が行える見通しを得た。

今後は、高温高圧水ループ装置やＸ線回折装置などを整備して行く予定である。高温高圧水ループ装置について概念設計を行った結果、材料試験室１に設置可能であることが分かった。一方、加熱用ヒータや冷却装置の消費電力を合計すると、建屋全体の受電容量の約５割に達するため、高温高圧水ループ装置の設置にあたっては、機械室内の低圧動力盤から実験室まで新規にケーブルを敷設し、分電盤を設置する工事が必要である。また、水質調整用タンクに水素ガスやアルゴンなどを使用するので、建屋外に高圧ガスボンベ置き場を設置することも今後の検討課題である。

金属材料組成の同定、集合組織評価などができるＸ線回折装置の設置にあたっては、Ｘ線発生部及び循環式送水装置(3 相 200V)は、既存分電盤のブレーカを利用できる。また、Ｘ線回折装置を設置する場合、労働安全衛生法に基づいた管理区域を設定するため、装置本体だけを管理区域にする方法で労働基準監督署へ届け出る必要がある。

謝　辞

本報告書をまとめるにあたり、大洗研究開発センター　河村　弘副所長（照射試験炉センター長兼務）及び照射試験炉センター　石原正博副センター長及び原子炉施設管理部技術管理課　斎藤順市技術主幹に有意義なご指導及びご助言を頂きました。また、照射試験開発棟の整備にあたっては、RI 利用開発棟の改修工事では大洗研究開発センター　管理部　工務課の職員の適切なご指導及びご協力を頂きました。改修工事終了後の化学実験フード、流し台の設置にあたっては、水戸労働基準監督署長及び茨城県県北地方総合事務所長への届出など安全管理部　安全対策課及び環境保全部　環境計画課の職員の適切なご指導及びご協力を頂きました。以上の方々に、深甚なる謝意を表します。

参考文献

(1) H. Kawamura, M. Niimi, M. Ishihara, M. Miyazawa, N. Hori, Y. Nagao, “Present Status and Future Plan of JMTR Project”, JAEA-Conf 2008-010(KAERI/GP-279/2008), pp.7-16 (2008).
(2) H. Kawamura, M. Niimi, M. Ishihara, M. Miyazawa, N. Hori, Y. Nagao, “Status and Future Plan of Japan Materials Testing Reactor”, JAEA-Conf 2008-011, pp.48-52 (2009).
(3) Y.Inaba, S.Inoue, H. Izumo, S. Kitagishi, K. Tsuchiya, T. Saito, E. Ishitsuka, “Status of Irradiation Technology Development in JMTR”, JAEA-Conf 2008-010(KAERI/GP-279/2008), pp.30-41 (2008).
(4) アイソトープ製造 35 年誌　日本原子力研究所　東海研究アイソトープ部 平成 7 年 3 月 31 日発行.
(5) 石川幸治、稲葉良知、土谷邦彦、“モリブデン酸塩水溶液の構造材料に対する腐食性確認試験装置の設計・製作”, JAEA-Testing 2009-004 (2010).
(6) レーザフラッシュ法熱定数測定装置 TC-7000H 型 取扱説明書.
(7) JXA-8530F フィールドエミッション電子プローブマイクロアナライザ 取扱説明書.
(8) JEE-420 真空蒸着装置 取扱説明書.
(9) A. Kimura, N. Hori, K. Tsuchiya, M. Ishihara, H. Yamabayashi, M. Tanase, S. Fujisaki, Y. Sato, “Development of ^{99m}Tc Extraction Techniques from ^{99}Mo by (n, γ) Reaction”, JAEA-Review 2010-053 (2010).
(10) 北岸　茂、井上修一、齋藤隆、近江正男、土谷邦彦、“中性子照射試験用セラミックスガスセンサーの試作試験”、JAEA-Testing 2009-010 (2010).

Table 3.1 実験装置・設備の整備状況

実験室名	装置名・設備	整備（済・未）	備　考
化学実験室	・化学実験フード	済	
	・排気ブース	済	
	・化学実験台	済	
	・流し台	済	
	・純水製造装置	済	
	・薬品庫・デシケータ	済	
	・精密切断機・研磨装置	済	
測定室	・シャルピー式衝撃試験機	済	
	・顕微鏡観察装置	済	
	・キャビネット	済	
検査室	・熱定数測定装置	済	
	・共鳴除振装置付防振天秤台	済	
	・ウルトラミクロ天秤	済	
	・電子天秤	済	
分析室	・高性能表面観察装置	済	
	・ボンベスタンド	済	
	・Ｘ線回折装置	未	
キャプセル開発室	・ボール盤	済	
	・溶接機	済	
	・真空蒸着装置	済	
	・流し台	済	
	・ボンベスタンド	済	
	・引張試験装置	済	JMTR から移設
材料試験室 1	・FP ガス圧力計確証試験用電気炉	済	
	・ヘリウムリーク試験器	済	
	・流し台	済	
	・ボンベスタンド	済	
	・高温高圧水ループ装置	未	
材料試験室 2	・化学実験台	済	JMTR から移設
	・恒温槽	済	
倉　庫	・棚	済	
	・ロッカー	済	

No.	実験装置・設備	No.	実験装置・設備	No.	実験装置・設備
1	化学実験フード	10	キャビネット	19	引張試験機
2	排気ブース	11	熱定数測定装置	20	棚
3	化学実験台	12	共鳴除振装置付防振天秤台	21	ボンベスタンド
4	純水製造装置	13	ウルトラミクロ天秤・電子天秤	22	FPガス圧力計確証試験用電気炉
5	流し台	14	高性能表面観察装置	23	ヘリウムリーク試験器
6	薬品庫・デシケータ	15	Ｘ線回折装置（未）	24	高温高圧水ループ装置（未）
7	精密切断機・研磨装置	16	乾燥器	25	恒温槽
8	シャルピー式衝撃試験機	17	ボール盤・溶接機	26	ロッカー
9	顕微鏡観察装置	18	真空蒸着装置	—	—

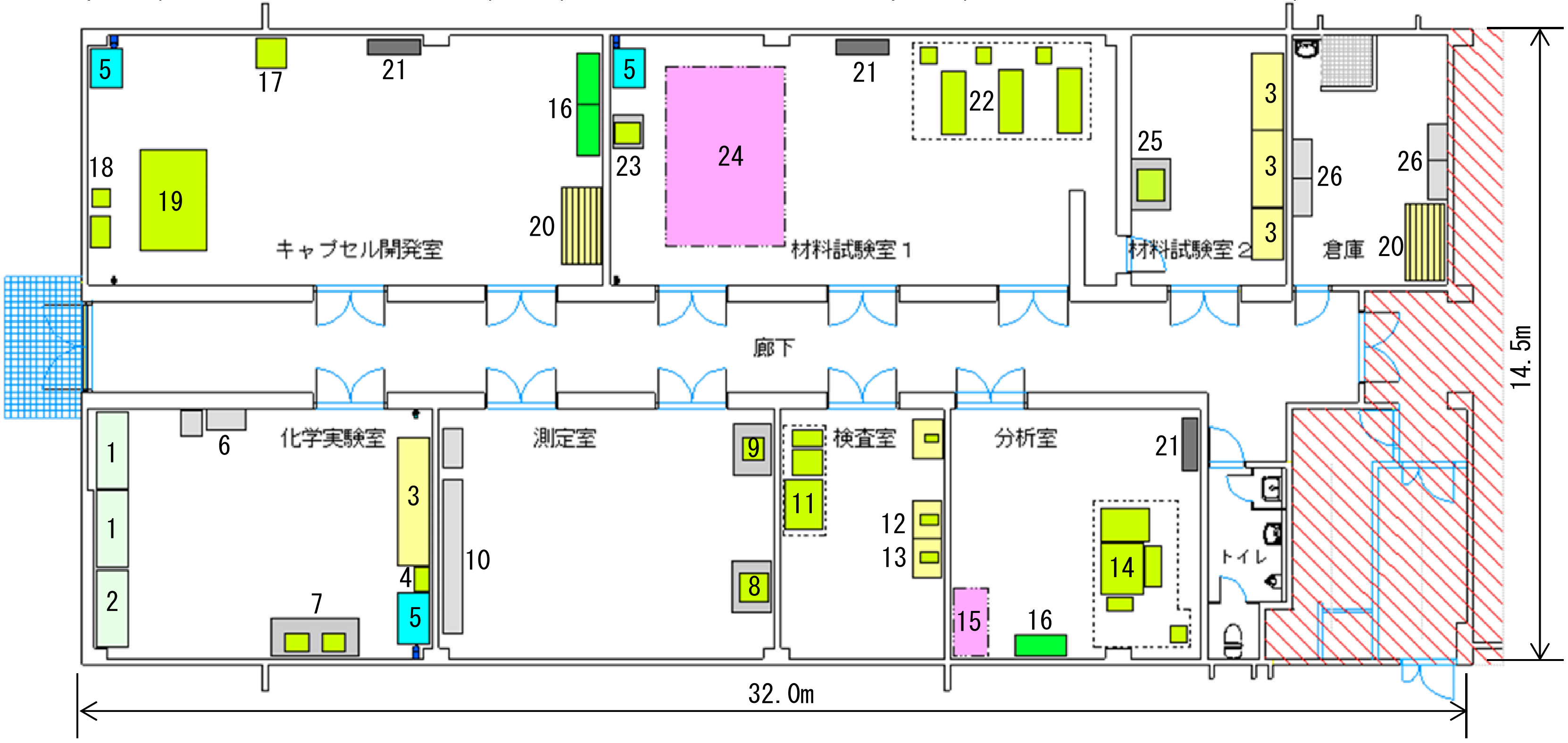
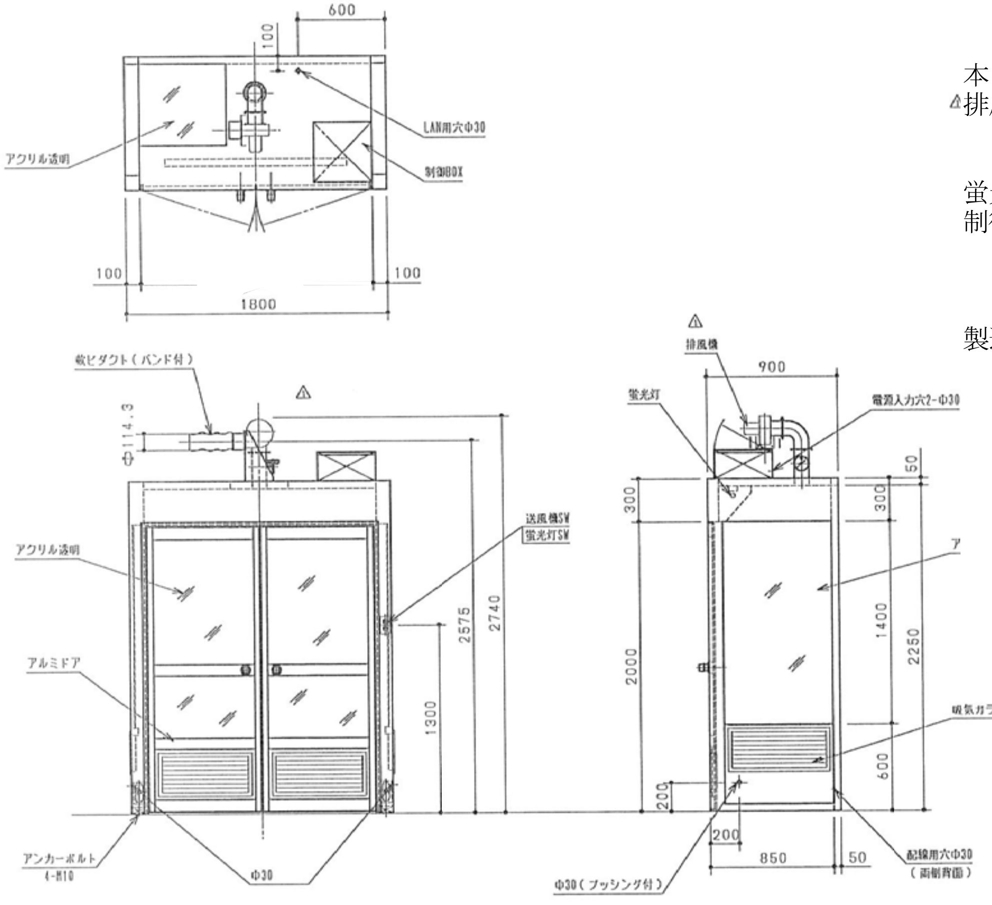


Fig. 3.1 実験装置・設備の配置図



仕　様

本　体：鋼板製焼付塗装
△排風機：スチール製シロッコファン
1φ　100V　72 W（50Hz）
3 m^3/min×250 Pa（50Hz）
蛍光灯：1φ　100V　40 W　1灯用　白色
制御盤：排風機用ブレーカー
排風機用電磁接触器
実験台用電気関係端子台
（端子台は30 Aを使用）
製造数：1台

単位：mm

Fig. 4.1 排気ブースの詳細図

Fig. 4.2 排気ブース内の試験装置

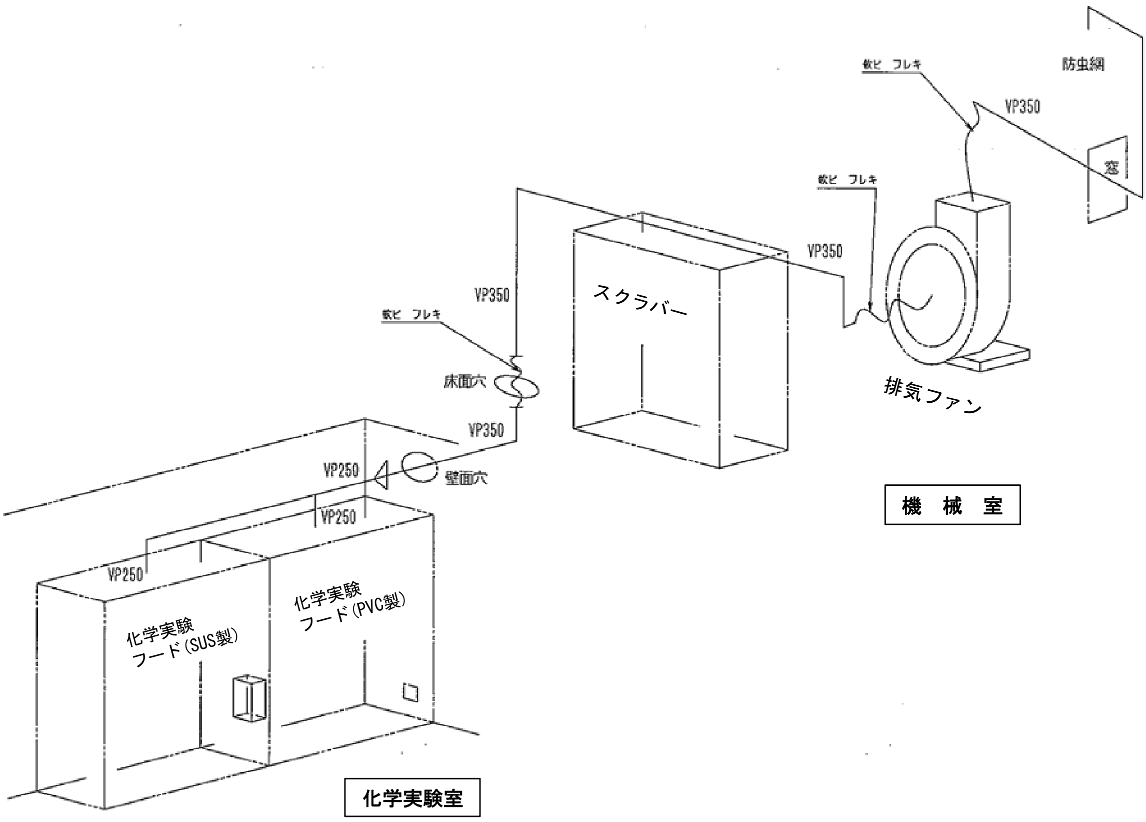


Fig. 4.3 化学実験フードの系統図

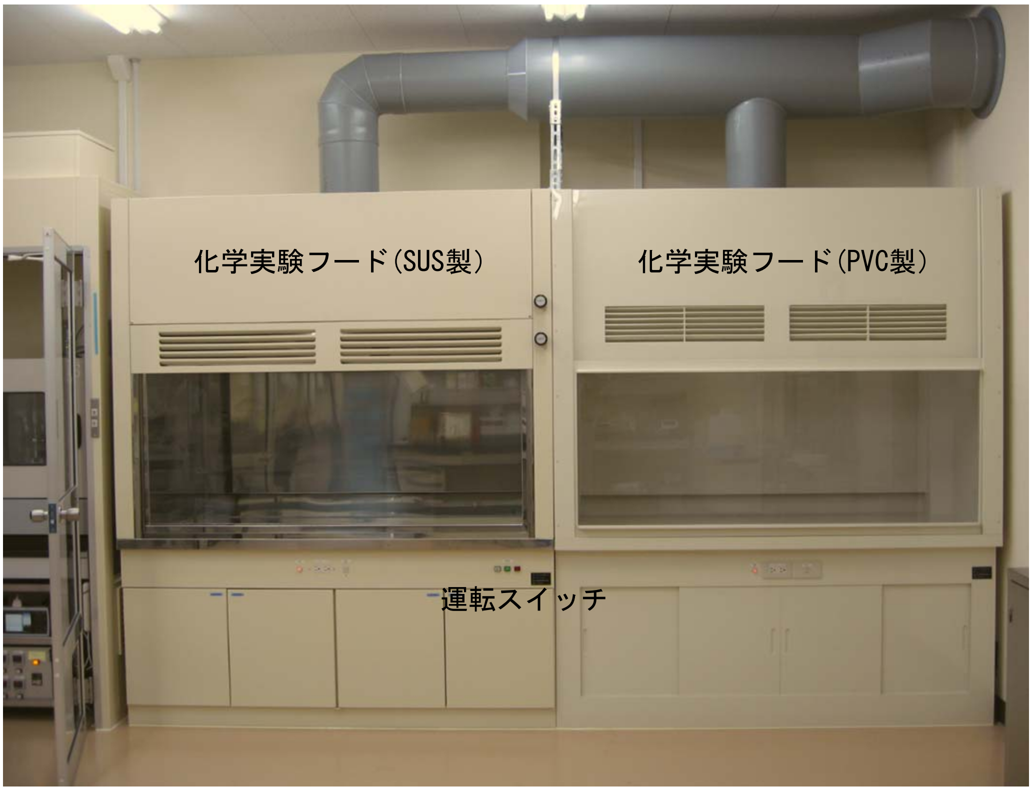


Fig. 4.4 化学実験フード（化学実験室）

Fig. 4.5 スクラバーおよび排気ファン（機械室）

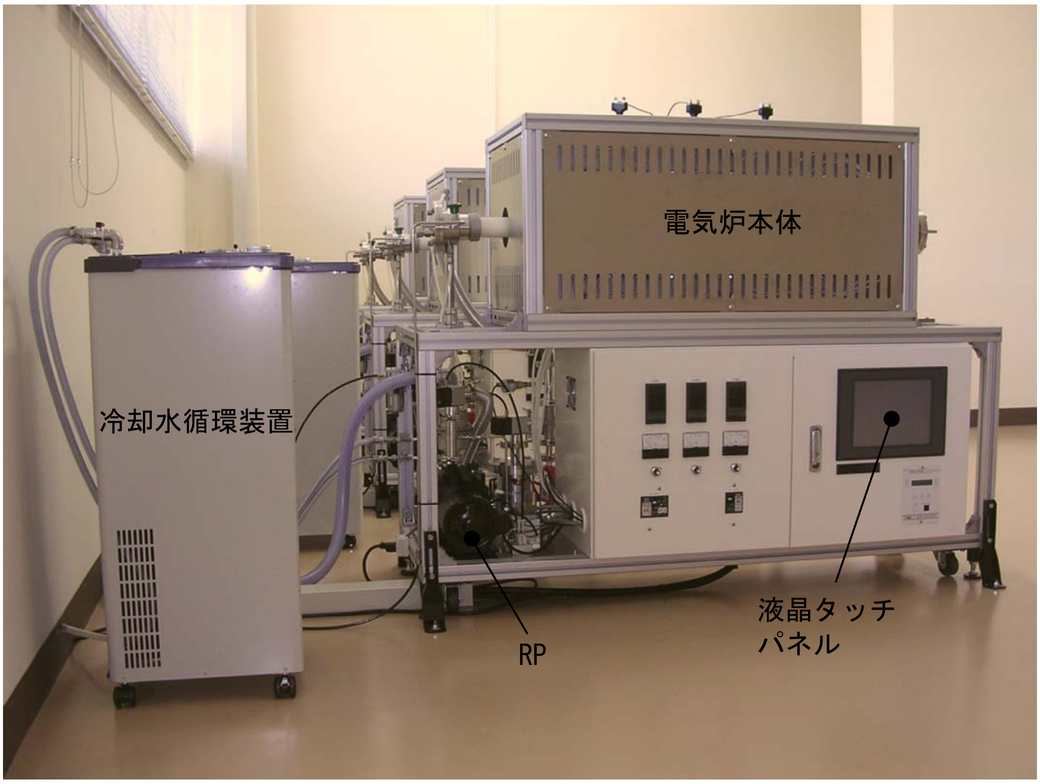


Fig. 4.6 FP ガス圧力計確証試験用電気炉

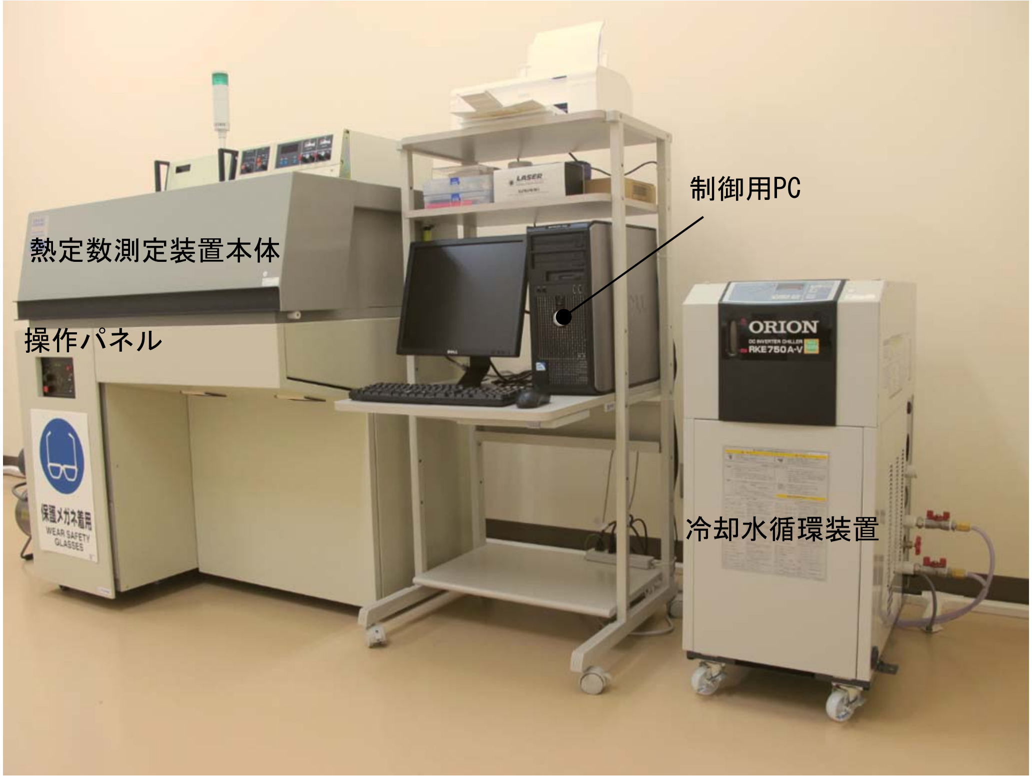


Fig. 4.7 熱定数測定装置

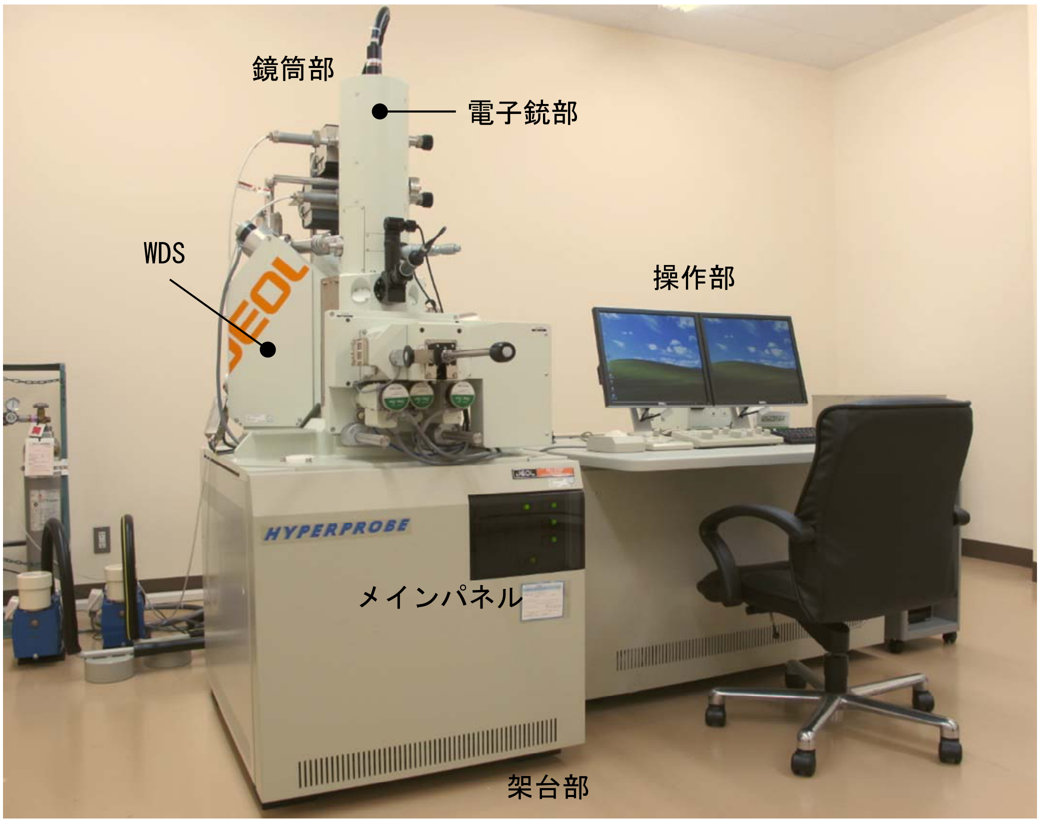


Fig. 4.8 高性能表面観察装置

Fig. 4.9 真空蒸着装置

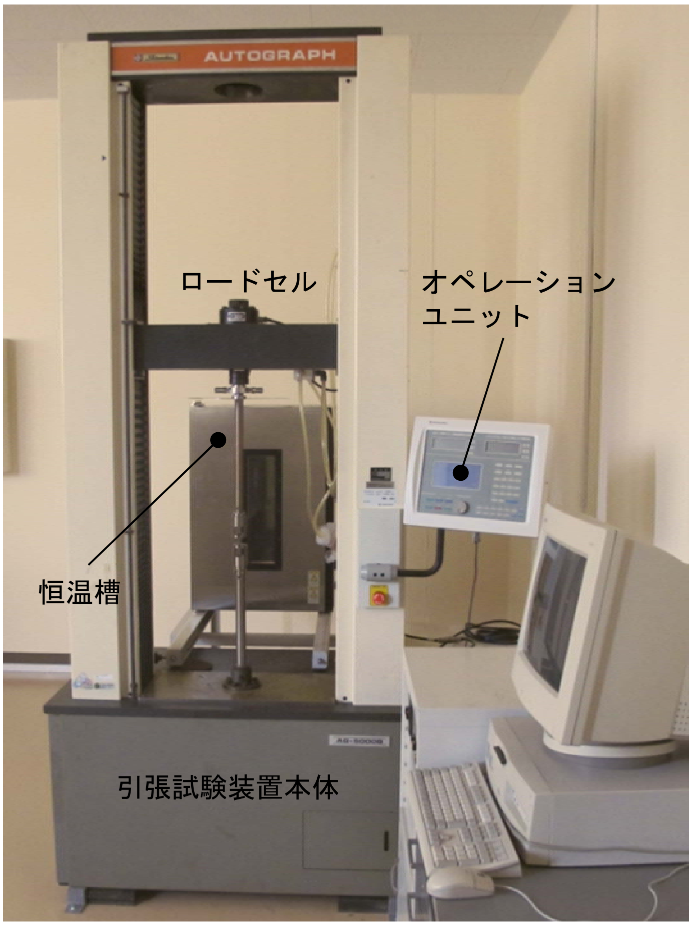


Fig. 4.10 引張試験装置

Table 5.1 化学実験フード操作方法

No.	項　目	操　作　内　容	結　果	備　考
1	起動前点検	排気ファン、スクラバーからの水漏れ、配管等の点検		
		スクラバー内の給水タンク水位の確認		下限以上、上限以下であること
		スクラバー内の切替え 3 方弁位置の確認		ハンドル位置が手前（通常運転）
		スクラバーの切替えスイッチ（AUTO）の確認	AUTO	排気ファンとスクラバーが連動運転可能
		スクラバー内電源盤の3φ200V（ブレーカ）OFF→ON	ON	
2	電源投入	PVCフード背面にあるコンセントに各フードのプラグを差す	ON	各(SUS及びPVC)フードの電源ランプ（受電灯）が点灯
		各フード内電源盤の1φ100V（ブレーカ）OFF→ON	ON	コンセント及び蛍光灯が使用可能
		電灯動力盤（LP-2）3φ200V（主幹ブレーカ）OFF→ON	ON	主幹1箇所
		電灯動力盤（LP-2）3φ200V（化学実験フード）OFF→ON	ON	SUSフード右下の電源ランプ（受電灯）が点灯
		SUSフード内電源盤3φ200V（ブレーカ）OFF→ON	ON	排気ファンとスクラバーが運転可能
3	運転	SUSフード右下の運転スイッチ OFF→ON	ON	排気ファンとスクラバーが連動運転
		運転中に制御風速の確認		0.5(m/s)を確保できない時は、調整作業をすること
4	停止	SUS フード右下の停止スイッチ ON→OFF	OFF	排気ファンとスクラバーが連動停止
5	電源遮断	電灯動力盤（LP-2）3φ200V（化学実験フード）ON→OFF	OFF	SUSフード右下の電源ランプ（受電灯）が消灯
		電灯動力盤（LP-2）3φ200V（主幹ブレーカ）ON→OFF	OFF	主幹1箇所
6	停止後点検	スクラバー内の給水タンク水位の確認		下限以上、上限以下であること
		排気ファン、スクラバーからの水漏れ、配管等の点検		

Table 5.2 化学実験フード保守マニュアル

No.	項　目	操　作　内　容	結　果	備　　考
1	制御風速の調整	風速計及びスケールの準備		開口部の測定
		SUSフードの制御風速の調整		上のダクトダンパハンドルを操作。下のバッフルダンパー、使用するガスの種類に応じる
		PVC フードの制御風速の調整		ダクト部ハンドルを操作
2	洗浄水の補給	定期的に給水タンクの洗浄水の水位を確認		給水タンク水位は、常時下限値以上、上限以下
		給水口から洗浄水を補給		水を入れたポリタンクと給水口を電動ポンプで接続
3	洗浄水の測定・交換	定期的に洗浄水の水質チェック		サンプリング口から洗浄水を採取
				規定値（pH、濃度）を超えている場合は、洗浄水を交換
		スクラバー内部の切替え3方弁ハンドルを上向き変更		洗浄水の排水準備（通常運転から排水系に変更）
		排水口のホースをポリタンクに入れる		ポリタンク及びホースを手で押さえる
		スクラバー左下の切替えスイッチ AUTO→MANUAL	MANUAL	(STOP・MANUAL)は、排水やメンテナンス時に使用
		スクラバー内部電源盤にあるスナップスイッチ（NO.1）OFF→ON	ON	No.1循環・排水ポンプが運転、排水開始
				ポリタンクの水位上昇を確認
		スクラバー内部電源盤にあるスナップスイッチ（NO.1）ON→OFF	OFF	No.1循環・排水ポンプが停止
				循環・排水ポンプOFF後、サイホン現象を防止するため、切替え3方弁を通常運転に切替え 次のポリタンクに交換
		スクラバー内部の切替え3方弁ハンドルを手前変更		ハンドル位置が手前（通常運転）
		スクラバー左下の切替えスイッチ MANUAL→AUTO	AUTO	排気ファンとスクラバーが連動運転可能

Table 5.3 FP ガス圧力計確証試験用電気炉の操作方法

<table>
<tr><th>No.</th><th>項　目</th><th>操　　作　　内　　容</th><th>結　果</th><th>備　　　考</th></tr>
<tr><td rowspan="5">1</td><td rowspan="5">起動前点検</td><td>ロータリーポンプ（RP)の油量確認
（A、B、C)</td><td></td><td>MAXとMINの間に液面が
あること</td></tr>
<tr><td>冷却水循環装置の水量及び
冷却ホースの確認（A、B、C)</td><td></td><td>冷却コイルが全て浸っている
こと</td></tr>
<tr><td>フランジ及び試料熱電対の確認</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>コンプレッサ及び耐圧ホースの確認</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>メモリカード（CF）の確認</td><td></td><td>正常にカードが挿入されてい
ること</td></tr>
<tr><td rowspan="6">2</td><td rowspan="6">電源投入</td><td>動力盤（P-1）3φ200V
（主幹、A炉、B炉、C炉）OFF→ON</td><td>ON</td><td>主幹1箇所、3箇所</td></tr>
<tr><td>電灯盤（L-2）1φ100V
（A炉、B炉、C炉）OFF→ON</td><td>ON</td><td>3箇所（主幹は常時ON)</td></tr>
<tr><td>電気炉本体のブレーカ
（A炉、B炉、C炉）OFF→ON</td><td>ON</td><td>各2箇所</td></tr>
<tr><td>冷却水循環装置の流量調節バルブ
閉→開</td><td>開</td><td></td></tr>
<tr><td>冷却水循環装置のブレーカ及び電源
（A炉、B炉、C炉）OFF→ON</td><td>ON</td><td>各2箇所</td></tr>
<tr><td>コンプレッサ電源プラグをコンセントに差
し込み、主電源OFF→ON</td><td>ON</td><td>圧力計の指示値0.67(MPa)
確認</td></tr>
<tr><td rowspan="4">3</td><td rowspan="4">試料挿入</td><td>挿入フランジのネジを緩めた後、
リークバルブ閉→開</td><td>開</td><td>リークバルブを静かに開ける</td></tr>
<tr><td>挿入フランジ閉→開</td><td>開</td><td></td></tr>
<tr><td>試料挿入</td><td></td><td>試料熱電対、試料挿入位置に注
意</td></tr>
<tr><td>挿入フランジのネジを締めた後、
リークバルブ開→閉</td><td>閉</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">4</td><td rowspan="2">警報
リセット</td><td>液晶タッチパネルに「警報発令中」が
表示</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>「警報」を選択、「警報リセット」を
押し、「戻る」を押す</td><td></td><td>「警報発令中」解除
冷却水、空圧、炉内圧力の
インジケータ赤→白</td></tr>
</table>

No.	項　目	操　作　内　容	結　果	備　　考
5	真空排気 開始(自動)	「自動」または「手動」の選択		どちらかで真空排気を 開始する
		液晶タッチパネルの「自動」を選択、 「真空排気」を押す	RP-ON赤	自動で真空排気が開始する
			FV：OPEN 青	指示値：1×10^{-3}(Pa)以下に なるまでは、「手動」に 切り替わらない [48000rpm]一定になる
			MV：OPEN 青	
			TMP-ON 赤	
	真空排気 開始(手動)	液晶タッチパネル「手動」を選択	手動 点灯	
		RP：OFF→ON	RP-ON赤	
		FV：CLOSE→OPEN	OPEN青	
		MV：CLOSE→OPEN	OPEN青	
		圧力計、ピラニ真空計の指示値観察		指示値：1×10^{1}(Pa)以下 到達を確認
		TMP：OFF→ON	TMP-ON 赤	[48000rpm]一定になる
		フランジ、リークバルブ等の確認		挿入フランジのネジの増締め
		マグネトロンの指示値観察		指示値：3×10^{0}(Pa)以下 到達を確認
		液晶タッチパネル「自動」を選択	自動 点灯	
6	加熱	真空度1×10^{-3}(Pa)台に到達後、 加熱開始		加熱方法は別紙にて
7	真空排気 停止(自動)	「自動」または「手動」の選択		どちらかで真空排気を 停止する
		炉内管温度の確認		液晶タッチパネル確認
		液晶タッチパネルの「真空排気停止」を 押す		自動で真空排気が停止
	真空排気 停止(手動)	液晶タッチパネルの「手動」を選択	手動 点灯	
		MV：OPEN→CLOSE	CLOSE赤	
		TMP：ON→OFF	TMP-OFF	2分間のタイマーが作動
		FV：OPEN→CLOSE	CLOSE赤	
		RP：ON→OFF	RP-OFF	

No.	項　目	操　作　内　容	結　果	備　　考
8	電源遮断	冷却水循環装置のブレーカ及び電源 （A炉、B炉、C炉）ON→OFF	OFF	各2箇所
		冷却水循環装置の流量調節バルブ 開→閉	閉	
		コンプレッサ主電源　ON→OFF	OFF	ドレンバルブを緩めて、 タンク内の圧縮空気・水抜き
		電気炉本体のブレーカ （A炉、B炉、C炉）ON→OFF	OFF	各2箇所
		動力盤（P-1）3φ200V （主幹、A炉、B炉、C炉）ON→OFF	OFF	主幹1箇所、3箇所
		電灯盤（L-2）1φ100V （A炉、B炉、C炉）ON→OFF	OFF	3箇所（主幹は常時ON）

Table 5.4 FP ガス圧力計確証試験用電気炉の加熱方法

No.	項　目	操　作　内　容	結　果	備　　考
1	プログラム設定	液晶タッチパネルの「プログラム」を選択		一例として、fig. 5.1 実験パターンを入力
		PROGNo.1 を確認		
		ステップ 1 の温度(℃)を数字に触れる	テンキー表示	温度 180、「確定」、点滅している 180 に触れる
		勾配(℃/min)の数字に触れる（最大は 5℃/min とする）		勾配 3、　「確定」、点滅している 3 に触れる
		保持時間(min)の数字に触れる max は 999(min)		保持 120、「確定」、点滅している 120 に触れる
		ステップ 2 の温度(℃)を数字に触れる		温度 420、「確定」、点滅している 420 に触れる
		勾配(℃/min)の数字に触れる（最大は 5℃/min とする）		勾配 4、　「確定」、点滅している 4 に触れる
		保持時間(min) の数字に触れる max は 999(min)		保持 90、　「確定」、点滅している 90 に触れる
		ステップ 3 の温度(℃)を数字に触れる		温度 0、　「確定」、点滅している 0 に触れる
		勾配(℃/min)の数字に触れる		勾配 3、　「確定」、×を押し、点滅している 3 に触れる
		「戻る」押し、初期画面に戻り、「温度プログラム実行」を押す		プログラムNo.確認後、OKを押すと、プログラムが開始 自動的にデータの記録が開始 HEAT OFF　→ HEAT ON
		プログラム終了時には、データの保存を行うこと		
		「自動運転停止」を押すと、プログラムが途中で停止する	＊1	データの保存操作を必ず行うこと
2	温度微調整	液晶タッチパネルの「ユーティリティー」を選択		
		「設定値変更」を押し、Write SVの数値に触れる		変更したい温度を入力、「確定」、×を押し、点滅している数値に触れる
		温調計のSETボタンを押して、SV値を表示させる		入力した数値になっていることを確認する

＊1：液晶タッチパネルに「記録計の保存処理を行って下さい」が表示される。

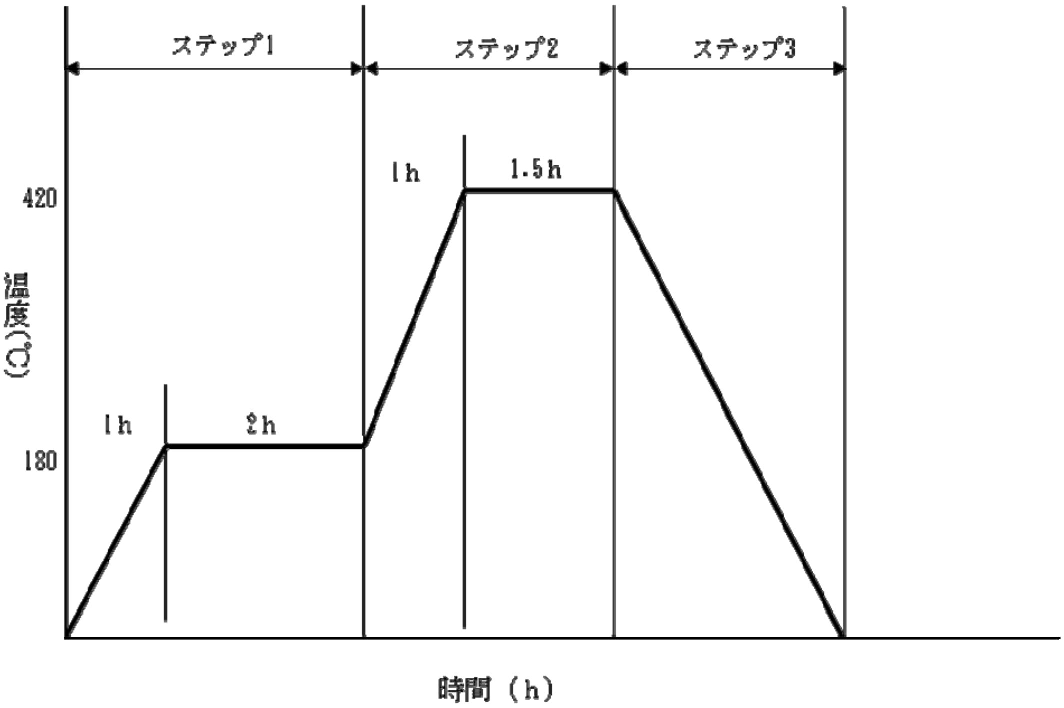


Fig. 5.1 実験パターン（例）

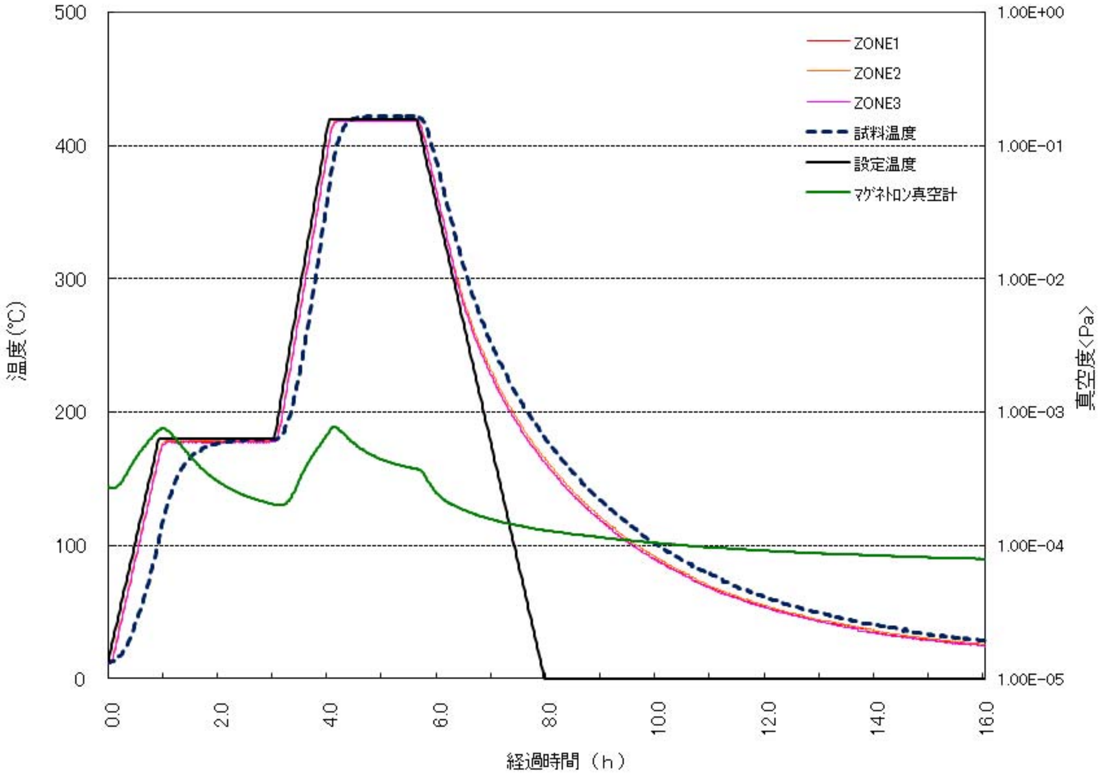


Fig. 5.2 電気炉の温度及び真空データ

Table 5.5 熱定数測定装置の操作方法

No.	項　目	操　作　内　容	結　果	備　　考
1	起動前点検	ロータリーポンプ（RP）の油量確認		
		冷却水循環装置の水量及び 冷却ホースの確認		
		コンプレッサ及び耐圧ホースの確認		
		レーザー冷却用循環器のチェック		タンク内の冷却水量
		NCセンサーへの液体窒素供給		最初は、10～20(ml)を入れ、その後は数回に分けて導入する
2	電源投入	電灯動力盤（LP-3） 3φ200V （主幹、熱定数測定装置用チラー） OFF→ON	ON	主幹1箇所、1箇所
		電灯動力盤（LP-3） 1φ200V （熱定数測定装置）OFF→ON	ON	1箇所（主幹は常時ON）
		コンプレッサ電源プラグをコンセントに差し込み、主電源OFF→ON	ON	1箇所
		熱定数測定装置用チラー　OFF→ON	ON	1箇所
		熱定数測定装置のメインスイッチ OFF→ON	ON	1箇所
		PC、プリンタの電源スイッチ OFF→ON	ON	2箇所
3	計測系のFIXが点灯しない場合	MODEのSELECTをMAUNに変更		
		STARTボタンを押す		
		TRIGボタンを押す		FIXの赤ランプ点灯
		MODEのSELECTをAUTOに変更		
4	真空引き (VACUUM SYSTEM)	電気炉とチャンバーを接続する		
		リークバルブを閉める	閉	
		R.P.：OFF→ON	ON	油回転ポンプの作動
		FORE V：CLOSE→ROUGH	ROUGH	試料系側の排気
		コンパクトゲージ用シングル チャンネル測定制御ユニット OFF→ON	ON	▲一秒以上押し続ける
		FORE V：ROUGH→FORE	FORE	表示が20Pa以下
		MAIN V：CLOSE→OPEN	OPEN	
		ディスプレーコントロールユニット OFF→ON	ON	TMPの作動、緑ランプ点灯

No.	項　目	操　作　内　容	結　果	備　考
5	測定			詳細は「TC-7000SP取扱説明書」参照
6	装置の立ち下げ	試料系内温度が200℃以下の確認		
		シングルチャンネル測定制御ユニット　ON→OFF		▼一秒以上押し続ける
		MAIN V：OPEN→CLOSE	CLOSE	メインバルブは閉になる
		ディスプレーコントロールユニット　ON→OFF	OFF	TMPの停止
		FORE V：FORE→CLOSE	CLOSE	
		R.P. ：ON→OFF	OFF	油回転ポンプの停止
		試料系内温度が100℃以下の確認		
		リークバルブを開ける	開	大気導入
		PC上の測定ソフトの停止		
		TMP及びRP停止の確認		
		熱定数測定装置のメインスイッチ ON→OFF	OFF	1箇所
7	冷却水･ガス等の停止	熱定数測定装置用チラー　ON→OFF	OFF	1箇所
		コンプレッサ　ON→OFF、タンク内圧力を大気開放	OFF	1箇所
		PC、プリンタの電源スイッチ ON→OFF	OFF	2箇所
		電灯動力盤（LP-3）1φ200V（熱定数測定装置）ON→OFF	OFF	1箇所（主幹は常時ON）
		電灯動力盤（LP-3）3φ200V（主幹、熱定数測定装置用チラー）ON→OFF	OFF	主幹1箇所、1箇所

Table 5.6 通常使用時の停止と起動操作方法

装置停止

No.	項　目	操　作　内　容	備　考
1	仕切り弁の閉	①観察用画面のツールバー観察[ON/OFF]ボタンON→OFF	メインパネルV1-CLOSEスイッチ点灯
2	装置の停止	①観察用画面のメニューバー[ファイル]-[終了]を選択	EPMAコントロールソフトウェアが終了
		②ユーザログイン画面の[終了]ボタンをクリックする	
		③Windowsの[スタート]→[シャットダウン]	制御用PCをシャットダウン
		④メインパネルのOPE　POWER-OFFスイッチを押す	操作部の電源のみがOFF
		⑤メインパネルの電源スイッチの稼働状態	MAIN　POWER　｜　点灯
			VACCUM　POWER　ON　点灯
			HT　ON　点灯
			V1-CLOSE　点灯
			OPE　POWER　OFF　点灯

装置起動

No.	項　目	操　作　内　容	備　　考
1	状態確認	①日常停止状態を確認	メインパネルの電源スイッチの 稼働状態
2	PR ガスの 点検	①PR ガス流量を確認	流量計の値が 3～10(ml/min)
3	装置の 起動	①メインパネルのOPE　POWER-ON スイッチを押す	スイッチON後、約1分で装置の 起動が完了
		②制御用PCの電源をONにする	Windowsが起動し、ユーザログオン 画面が表示
		③PCが起動後、観察用ディスプレーに Windowsのユーザ画面が現れたら、 パスワード「EPMAUser」を入力	
		④観察用ディスプレーのディスク トップ上に表示された[JEOL　EPMA] アイコンをダブルクッリクする	EPMAコントロールソフトウェアが 起動、ユーザログイン画面表示
		⑤観察用画面のユーザログイン画面で [ユーザ名]選択し、パスワードを 入力して、[開始]ボタンをクッリクする	観察用画面と分析用画面が表示
		⑥ステージイニシャライズ画面が表示 された場合は、次を実行する [実行]ボタンをクリックする ステージ初期化の終了後、[閉じる] ボタンをクッリクする	

Table 5.7 完全停止と起動操作方法

完全停止

No.	項　目	操　作　内　容	備　考
1	FE 電子銃の停止	①観察用画面のツールバー観察[ON/OFF]ボタンON→OFF	メインパネル V1-CLOSE スイッチ点灯
		②観察用画面のメニューバー [ファイル]-[保守]-[電子銃/真空]を選択する 電子銃/真空タブ画面を開く	
		③[シャットダウン]ボタンをクリックする	FE電子銃自の動停止プロセスにより自動的に停止 （完全に停止するまでに数分要する） シャットダウンが終了すると電子銃室ステータス表示に[真空OK]と表示
		④メインパネルの[HTボタン]をOFFにする	
2	装置の停止	①観察用画面のメニューバー [ファイル]-[終了]を選択する	
		②ユーザログイン画面の[終了]ボタンをクリックする	
		③Windowsの[スタート]→ [シャットダウン]	制御用PCをシャットダウン
		④メインパネルのOPE　POWER-OFFスイッチを押す	操作・観察系の電源がOFF
3	真空排気系の停止	①メインパネルのVACCUM　POWERスイッチOFFボタンを押す	高真空排気系（TMP・RP）が停止
4	PR ガスの停止	①PRガスボンベの元栓を閉じる	減圧弁の流量調節弁及び 減圧弁には触れない
5	窒素ガスの停止	①窒素ガスボンベの元栓を閉じる	
6	冷却水の停止	①冷却水の元栓を閉じる	
		②ウォーターチラーの電源をOFFにする	
7	電源の停止	①メインパネルのMAIN　POWERスイッチを〇ボタンを押す	超高真空排気系（イオンポンプ）が停止
		②パワーサポータ（UPS-500）のメータ指示値を確認する	METER(μA/kV)切り替えスイッチがkVの場合、指示値は5kV

No.	項　目	操　　作　　内　　容	備　　　考
8	電源パネルの切断	①ELCB1：MAINをOFFにする	操作部右側にある（コンピュータ部左上）
		②ELCB11：AC200VをOFFにする	
		③ELCB12：AC100VをOFFにする	
9	電灯動力盤（LP-4）ブレーカの切断	①FE-EPMA用ブレーカ：100VをOFFにする	
		②FE-EPMA用ブレーカ：200VをOFFにする	

起動操作

No.	項　目	操　　作　　内　　容	備　　　考
1	電灯動力盤（LP-4）ブレーカの投入	①FE-EPMA用ブレーカ：100VをONにする	主幹（1φ　200V）ONの確認
		②FE-EPMA用ブレーカ：200VをONにする	主幹（3φ　200V）ONの確認
2	窒素ガスの供給	①窒素ボンベの元弁を開く	二次側圧力0.4～0.5(MPa)の確認
3	冷却水の供給	①冷却水の元弁を開ける	
		②ウォーターチラーの電源をONにする	冷却水の確認（フロートスイッチが水没していること）
4	電源パネルの投入	①ELCB1：MAINをONにする	操作部右側にある（コンピュータ部左上）
		②ELCB11：AC200VをONにする	
		③ELCB12：AC100VをONにする	
5	電源の投入	①メインパネルのMAIN　POWERスイッチ｜ボタンを押す	超高真空排気系が始動
6	真空排気系の起動	①メインパネルのVACCUM　POWERスイッチONボタンを押す	高真空排気系（TMP・RP）が始動
7	PRガスの供給	①PRガスボンベの元栓をゆっくり開ける	
		②PRガス流量を確認する	流量計の値が3～10(ml/min)の範囲であれば、流量調整は不要
8	PRガスの置換	①30分間以上経過するまで待つ	計数管内の空気とPRガスが完全に置換するまでの30分間は、X線の計測を行わないこと

No.	項　目	操　　作　　内　　容	備　　　考
9	装置の起動	①メインパネルのOPE　POWER-ONスイッチを押す	スイッチON後、約1分で装置の起動が完了
		②制御用PCの電源をONにする	Windowsが起動し、ユーザログオン画面が表示
		③PCが起動後、観察用ディスプレーにWindowsのユーザ画面が現れたら、パスワード「EPMAUser」を入力する	
		④観察用ディスプレーのディスクトップ上に表示された[JEOL　EPMA] アイコンをダブルクッリクする	EPMAコントロールソフトウェアが起動、ユーザログイン画面表示
		⑤観察用画面のユーザログイン画面で[ユーザ名]選択し、パスワードを入力して、[開始]ボタンをクッリクする	観察用画面と分析用画面が表示
		⑥ステージイニシャライズ画面が表示された場合は、次を実行する [実行]ボタンをクリックする ステージ初期化の終了後、[閉じる]ボタンをクッリクする	
10	FE 電子銃の始動	①メインパネルの[HTボタン]を[ON]にする	
		②加速電圧を6kVに設定する	
		③観察用画面のメニューバー[ファイル]-[保守]-[電子銃/真空]を選択する 電子銃/真空タブ画面を開く	電子銃室ステータスが［真空OK］となっていることの確認
		④[スタートアップ]ボタンをクリックする	FE電子銃自動停止プロセスにより自動的に起動 電子銃の立ち上げが終了すると、電子銃室ステータスが［ON］の表示 エミッションが安定するまで数日を要す

Table 5.8 緊急停止と復帰操作方法

緊急停止

No.	項　目	操　作　内　容	備　考
1	電源の停止	①メインパネルのMAIN　POWER スイッチを○ボタンを押す	制御用PCを除いたすべての電源が停止
2	操作部の停止	①観察用画面のメニューバー [ファイル]-[終了]を選択する	
		②ユーザログイン画面の[終了] ボタンをクリックする	
		③Windowsの[スタート]→ [シャットダウン]	
		④メインパネルのOPE　POWER-OFF スイッチを押す	
		⑤観察用画面のメニューバー [ファイル]-[終了]を選択する	
		⑥ユーザログイン画面の[終了] ボタンをクリックする	
		⑦Windowsの[スタート]→ [シャットダウン]	制御用PCのシャットダウン
3	連絡	①サービス窓口に連絡	総合コールセンター

復帰方法

No.	項　目	操　作　内　容	備　考
1	緊急停止の原因調査等	①緊急停止の原因調査	
		②装置に異常がないことを確認	
2	周辺機器等の確認	①冷却水の確認	接続、流量及び供給圧力等を確認
		②窒素ガスの確認	二次側圧力0.4～0.5(MPa)の確認
		③PRガスボンベの確認	
3	制御用PCが稼働している場合シャットダウン	①観察用画面のメニューバー [ファイル]-[終了]を選択する	
		②ユーザログイン画面の[終了] ボタンをクリックする。	
		③Windowsの[スタート]→ [シャットダウン]	
4	冷却水の供給	①冷却水の元弁を開ける	
		②ウォーターチラーの電源を ONにする	冷却水の確認（フロートスイッチが水没していること）

No.	項　目	操　作　内　容	備　　考
5	電源の投入	①メインパネルのMAIN　POWER スイッチ｜ボタンを押す	超高真空排気系が始動
6	真空排気系の起動	①メインパネルのVACCUM　POWER スイッチONボタンを押す	高真空排気系（TMP・RP）が始動
7	PR ガスの供給	①PRガスボンベの元栓をゆっくり 開ける	
		②PRガス流量を確認する	流量計の値が3～10(ml/min)の範囲で あれば、流量調整は不要
8	PR ガスの置換	①30分間以上経過するまで待つ	計数管内の空気とPRガスが完全に置換す るまでの30分間は、X線の計測を行わない こと
9	装置の起動	①メインパネルのOPE　POWER-ON スイッチを押す	スイッチON後、約1分で装置の 起動が完了
		②制御用PCの電源をONにする	Windowsが起動し、ユーザログオン 画面が表示
		③PCが起動後、観察用ディスプレーに Windowsのユーザ画面が現れたら、 パスワード「EPMAUser」を入力する	
		④観察用ディスプレーのディスクトップ上 に表示された[JEOL　EPMA]アイコンを ダブルクッリクする	EPMAコントロールソフトウェアが 起動、ユーザログイン画面表示
		⑤観察用画面のユーザログイン画面で [ユーザ名]選択し、パスワードを 入力して、[開始]ボタンをクッリク する	観察用画面と分析用画面が表示
		⑥ステージイニシャライズ画面が表示され た場合は、次を実行する [実行]ボタンをクリックする ステージ初期化の終了後、[閉じる] ボタンをクッリクする	

No.	項　目	操　　作　　内　　容	備　　　考
10	FE 電子銃 の始動	①メインパネルの[HTボタン]を [ON]にする	
		②加速電圧を6kVに設定する	
		③観察用画面のメニューバー [ファイル]-[保守]-[電子銃/真空]を 選択する 電子銃/真空タブ画面を開く	電子銃室ステータスが［真空OK］と なっていることの確認
		④[スタートアップ]ボタンを クリックする	FE電子銃自動停止プロセスにより 自動的に起動
			電子銃の立ち上げが終了すると、 電子銃室ステータスが［OK］の表示
			エミッションが安定するまで 数日を要す
11	表示の 確認	①メインパネル及び観察用画面上に エラー表示のないこと	観察用画面上にエラー表示した場合、 サービス窓口に連絡

Table 5.9 真空蒸着装置の操作方法

No.	項 目	操 作 内 容	結 果	備 考
1	起動前 点検	ロータリーポンプ（RP）の油量確認		6月に一度点検
		冷却ホースの確認		接続部の確認、冷却ホースの劣化
2	起動	電灯動力盤（ＬP-1） 1φ200V（主幹）OFF→ON	ON	主幹1箇所
		真空蒸着装置のブレーカ 1φ100V　OFF→ON	ON	常時OFF
		真空蒸着装置の操作パネル POWERスイッチ OFF→ON	ON	
		冷却水循環装置の電源スイッチ OFF→ON	ON	
		冷却水循環装置の流量調節バルブ 閉→開	開	
		冷却水循環装置のパワースイッチ OFF→ON	ON	
		真空蒸着装置の操作パネル START UP スイッチ押す	ランプ 点灯	装置が始動
		ベルジャの真空が約3×10^{-4}(Pa)に到達するまで待つ		真空計で確認
3	試料 セット	VENT/EVAC スイッチを押す	ランプ 点灯	ベルジャ内に大気が導入
		ベルジャをベースプレートより 取り外す		ベルジャ破損を防止するため防護筒に入れて保管
		カーボン棒を各々のホルダに セットする		カーボン棒先端を尖らせる。
		試料をセットする		蒸着源と試料面の距離は、 80～100(mm)。
		カーボン蒸着膜比較をセットする		
		ベルジャをベースプレートに セットする		
4	真空引き	VENT/EVAC スイッチを押し戻し EVAC側にする		自動的に真空排気

No.	項　目	操　作　内　容	結　果	備　　考
5	蒸着操作	HEATER　1-2切替えスイッチの選択	1	電極の選択（正面に向かって左側が1の電極）
		HEATER　CONTROLつまみが反時計方向一杯であること		
		HEATER　スイッチをONにする	ON	
		シャッタつまみを操作して試料面をシャッタで覆う		カーボンの接触点が赤熱する程度に加熱。カーボン棒を予備加熱すると、ガスが発生し真空が悪化。
		HEATER　CONTROLつまみゆっくり時計方向に回す		空蒸着を2～3回繰り返す
		一度電流を”0”にして、再度加熱する		約30(A)まで上げると、カーボン棒の先端が線香花火のようになる。
		HEATER　CONTROLつまみゆっくり時計方向に回す		カーボン蒸着膜比較表面の色を注意深く観察しながら蒸着
		シャッタを開けて、試料の蒸着を開始する		
		HEATER　CONTROLつまみを反時計方向に一杯まで回し、HEATERスイッチをOFFする	OFF	
		各ホルダ、電極が冷えるまで待つ		火傷に注意
6	試料取出し	VENT/EVAC スイッチをVENTにし、ベルジャ内を大気解放する		ベルジャ内に大気が導入
		ベルジャをベースプレートより取り外す		ベルジャ破損を防止するため防護筒に入れて保管
		試料を取り出す		蒸着面に触れないように注意
7	洗浄	ベルジャの水洗い		金属等の硬い物で洗うとベルジャ表面に傷がつくので使用禁止
		試料台、シャッタ等をアルコールで拭き取る		水分厳禁
8	真空引き	ベルジャをベースプレートに取付ける		
		VENT/EVAC スイッチを押し戻しEVAC側にする		自動的に真空排気

No.	項　目	操　　作　　内　　容	結　果	備　　　考
9	停止	SHUT　DOWNスイッチを押し、 約5分後にRPが停止する		
		真空蒸着装置の操作パネル POWERスイッチ ON→OFF	OFF	
		冷却水循環装置のパワースイッチ ON→OFF	OFF	
		冷却水循環装置の流量調節バルブ 開→閉	閉	
		冷却水循環装置の電源スイッチ ON→OFF	OFF	
		真空蒸着装置のブレーカ 1φ100V　ON→OFF	OFF	
		電灯動力盤（LP-1） 1φ200V（主幹）ON→OFF	OFF	主幹1箇所

Table 5.10 引張試験装置の操作方法

No.	項　目	操　　作　　内　　容	結　果	備　　　考
1	電源投入	電灯動力盤（LP-1） 3φ200V（主幹）OFF→ON	ON	主幹1箇所
		引張試験装置のブレーカ 3φ200V　OFF→ON	ON	
		恒温槽を使用する場合は 恒温槽のブレーカ 3φ200V　OFF→ON	ON	試験温度は、ヒータにより 50～300℃
2	電源ON	計測制御装置の電源スイッチ OFF→ON	ON	POWER LED 点灯 RUN LED 点滅確認 スタンダード画面の確認 ウォームアップ15分程度
		計測制御装置のセットスイッチを押す		SET LED 点灯
3	システム 設定	オペレーションユニットの SYSTEMキー押す		SYSTEM画面が表示
		1.荷重アンプの校正 ・ゼロチェック ・Cバランス調整 ・電気式荷重校正 2.荷重極性（引張/圧縮）の設定 3.負荷方向（クロスヘッドの動作方向）の設定		詳細は取扱説明書参照 ・極性の切換え時 ・ロードセル、治具交換時 ・1日１回、試験開始前
4	本体のセットアップ	引張試験治具の取付け		
5	測定			詳細は「島津オートグラフ取扱説明書」参照
6	電源OFF	計測制御装置の電源スイッチ ON→OFF	OFF	POWER LED RUN LED
7	SET OFF	試験機本体のEMERGENCY SWを押す		モータ用電源が遮断
8	電源遮断	恒温槽を使用した場合は 恒温槽のブレーカ 3φ200V　ON→OFF	OFF	
		引張試験装置のブレーカ 3φ200V　ON→OFF	OFF	
		電灯動力盤（LP-1） 3φ200V（主幹）ON→OFF	OFF	主幹1箇所

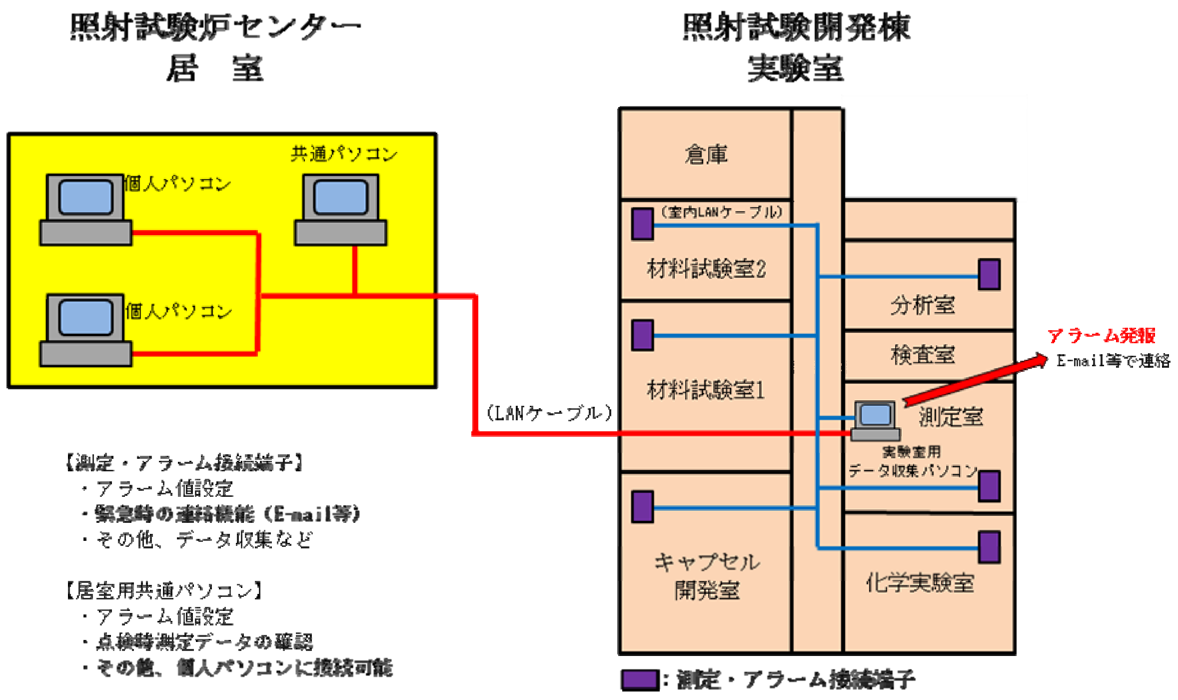


Fig. 6.1 照射試験開発棟実験室安全管理システム

国際単位系（SI）

表１．SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表２．基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m^2
体積	立法メートル	m^3
速さ，速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s^2
波数	毎メートル	m^{-1}
密度，質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m^3
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m^2
比体積	立方メートル毎キログラム	m^3/kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m^2
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 (a)，濃度	モル毎立方メートル	mol/m^3
質量濃度	キログラム毎立法メートル	kg/m^3
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m^2
屈折率 (b)	（数字の）　1	1
比透磁率 (b)	（数字の）　1	1

(a) 量濃度（amount concentration）は臨床化学の分野では物質濃度（substance concentration）ともよばれる。
(b) これらは無次元量あるいは次元１をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の１は通常は表記しない。

表３．固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン(b)	rad	1 (b)	m/m
立体角	ステラジアン(b)	sr(c)	1 (b)	m^{2}/m^2
周波数	ヘルツ (d)	Hz		s^{-1}
力	ニュートン	N		$m\ kg\ s^{-2}$
圧力，応力	パスカル	Pa	N/m^2	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
エネルギー，仕事，熱量	ジュール	J	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
仕事率，工率，放射束	ワット	W	J/s	$m^2\ kg\ s^{-3}$
電荷，電気量	クーロン	C		s A
電位差（電圧），起電力	ボルト	V	W/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
静電容量	ファラド	F	C/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-2}$
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^3\ A^2$
磁束	ウエーバ	Wb	Vs	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2	$kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
セルシウス温度	セルシウス度(e)	℃		K
光束	ルーメン	lm	cd sr(c)	cd
照度	ルクス	lx	lm/m^2	$m^{-2}\ cd$
放射性核種の放射能 (f)	ベクレル (d)	Bq		s^{-1}
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト (g)	Sv	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
酸素活性	カタール	kat		$s^{-1}\ mol$

(a)SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
(b)ラジアンとステラジアンは数字の１に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の１は明示されない。
(c)測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
(d)ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
(e)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
(f)放射性核種の放射能（activity referred to a radionuclide）は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
(g)単位シーベルト（PV,2002,70,205）についてはCIPM勧告2（CI-2002）を参照。

表４．単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	$m^{-1}\ kg\ s^{-1}$
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	$kg\ s^{-2}$
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	$m\ m^{-1}\ s^{-1}=s^{-1}$
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s^2	$m\ m^{-1}\ s^{-2}=s^{-2}$
熱流密度，放射照度	ワット毎平方メートル	W/m^2	$kg\ s^{-3}$
熱容量，エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2\ kg\ s^{-2}\ K^{-1}$
比熱容量，比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2\ s^{-2}\ K^{-1}$
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	$m\ kg\ s^{-3}\ K^{-1}$
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m^3	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	$m\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m^3	$m^{-3}\ sA$
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2}\ sA$
電束密度，電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2}\ sA$
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	$m\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	$m^2\ kg\ s^{-2}\ mol^{-1}$
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	$m^2\ kg\ s^{-2}\ K^{-1}\ mol^{-1}$
照射線量（Ｘ線及びγ線）	クーロン毎キログラム	C/kg	$kg^{-1}\ sA$
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	$m^2\ s^{-3}$
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	$m^4\ m^{-2}\ kg\ s^{-3}=m^2\ kg\ s^{-3}$
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2\ sr)$	$m^2\ m^{-2}\ kg\ s^{-3}=kg\ s^{-3}$
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m^3	$m^{-3}\ s^{-1}\ mol$

表５．SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10^{24}	ヨタ	Y	10^{-1}	デシ	d
10^{21}	ゼタ	Z	10^{-2}	センチ	c
10^{18}	エクサ	E	10^{-3}	ミリ	m
10^{15}	ペタ	P	10^{-6}	マイクロ	µ
10^{12}	テラ	T	10^{-9}	ナノ	n
10^{9}	ギガ	G	10^{-12}	ピコ	p
10^{6}	メガ	M	10^{-15}	フェムト	f
10^{3}	キロ	k	10^{-18}	アト	a
10^{2}	ヘクト	h	10^{-21}	ゼプト	z
10^{1}	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	y

表６．SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h =60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	’	1’=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	”	1”=(1/60)’=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	$1ha=1hm^2=10^4m^2$
リットル	L，l	$1L=1l=1dm^3=10^3cm^3=10^{-3}m^3$
トン	t	$1t=10^3\ kg$

表７．SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	$1eV=1.602\ 176\ 53(14)\times10^{-19}J$
ダルトン	Da	$1Da=1.660\ 538\ 86(28)\times10^{-27}kg$
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	$1ua=1.495\ 978\ 706\ 91(6)\times10^{11}m$

表８．SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バール	bar	$1\ bar=0.1MPa=100kPa=10^5Pa$
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	$1\ Å=0.1nm=100pm=10^{-10}m$
海里	M	1 M=1852m
バーン	b	$1\ b=100fm^2=(10^{-12}cm)2=10^{-28}m^2$
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベル	B	
デジベル	dB	

表９．固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	$1\ erg=10^{-7}\ J$
ダイン	dyn	$1\ dyn=10^{-5}N$
ポアズ	P	$1\ P=1\ dyn\ s\ cm^{-2}=0.1Pa\ s$
ストークス	St	$1\ St\ =1cm^2\ s^{-1}=10^{-4}m^2\ s^{-1}$
スチルブ	sb	$1\ sb\ =1cd\ cm^{-2}=10^4cd\ m^{-2}$
フォト	ph	$1\ ph=1cd\ sr\ cm^{-2}\ 10^4lx$
ガル	Gal	$1\ Gal\ =1cm\ s^{-2}=10^{-2}ms^{-2}$
マクスウェル	Mx	$1\ Mx = 1G\ cm^2=10^{-8}Wb$
ガウス	G	$1\ G\ =1Mx\ cm^{-2}\ =10^{-4}T$
エルステッド (c)	Oe	$1\ Oe \triangleq (10^3/4\pi)A\ m^{-1}$

(c) ３元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 ≙ 」は対応関係を示すものである。

表10．SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリー	Ci	$1\ Ci=3.7\times10^{10}Bq$
レントゲン	R	$1\ R = 2.58\times10^{-4}C/kg$
ラド	rad	$1\ rad=1cGy=10^{-2}Gy$
レム	rem	$1\ rem=1\ cSv=10^{-2}Sv$
ガンマ	γ	1 γ =1 nT=10-9T
フェルミ		1フェルミ=1 fm=10-15m
メートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリー	cal	1cal=4.1858J（「15℃」カロリー），4.1868J（「IT」カロリー）4.184J（「熱化学」カロリー）
ミクロン	µ	$1\ \mu =1\mu m=10^{-6}m$

（第8版，2006年改訂）

この印刷物は再生紙を使用しています